

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DEL
PROCESADO DE ATÚN DEL CANTÁBRICO**

**(Life Cycle Assessment of the Cantabrian
tuna processing)**

Para acceder al Título de

Graduado/a en Ingeniería Química

Autor: Pablo González García

TÍTULO	ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DEL PROCESADO DE ATÚN DEL CANTÁBRICO		
AUTOR	PABLO GONZÁLEZ GARCÍA		
DIRECTOR/CODIRECTOR	MARÍA MARGALLO BLANCO / JARA LASO CORTABITARTE		
TITULACIÓN	GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA	FECHA	09/07/2021

PALABRAS CLAVE

Aluminio; Análisis de Ciclo de Vida (ACV); bonito del norte; envasado; impacto ambiental; Potencial de Calentamiento Global (PCG).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector pesquero es una actividad mundialmente importante, más todavía en una región como Cantabria donde la pesca tiene un fuerte impacto social y económico. La costera del bonito es la tercera gran costera de la temporada, por detrás de la del verdel y el bocarte y solo en Cantabria se produjeron en 2020 3,43 millones de kg de capturas de bonito de los cuales un 10% va destinado a la transformación. Los productos cántabros de conserveras son conocidos y exportados tanto a nivel nacional como internacional y suponen una parte importante de la economía.

El estudio de este TFG fue evaluar el comportamiento medioambiental del procesado de bonito del norte y su envasado mediante el uso del Análisis de Ciclo de Vida. Se estudiaron los diferentes formatos que produce la empresa para la venta de bonito: Dingley, Hansa, Bol y Tarro, y se identificaron los principales cuellos de botella del proceso.

RESULTADOS

Se han llevado a cabo dos estudios en este trabajo usando el indicador de Potencial de Calentamiento Global, un estudio individual del formato más producido y una comparativa entre los diferentes formatos.

Respecto al formato más producido, el Dingley, se encontró que el aluminio del envase era el principal problema con un 60% de las emisiones de CO₂ eq., en segundo lugar, mucho más alejado están las emisiones de la cocción (21%). Se propusieron dos alternativas para sustituir el aluminio: el plástico de polipropileno y la hojalata, que ya

se está utilizando en la fábrica para otros formatos. Estas modificaciones reducen las emisiones por lata un 50% en ambos casos, lo que es una mejora sustancial.

En la comparativa entre los formatos destaca de nuevo la importancia del envasado en el proceso (Figura 1) y permite observar que el formato Dingley es el que genera mayor impacto por kg de producto junto con el Hansa por tener como material de envase el aluminio. El único que no sigue la tendencia es el formato Bol donde el impacto del envasado es menor por el uso de hojalata que tiene menor factor emisión y esto hace que sea el formato más positivo medioambientalmente. También se ha propuesto la sustitución de las tapas de aluminio del formato Tarro por tapas de hojalata que producen la disminución de las emisiones de este formato en un 21,3 %.

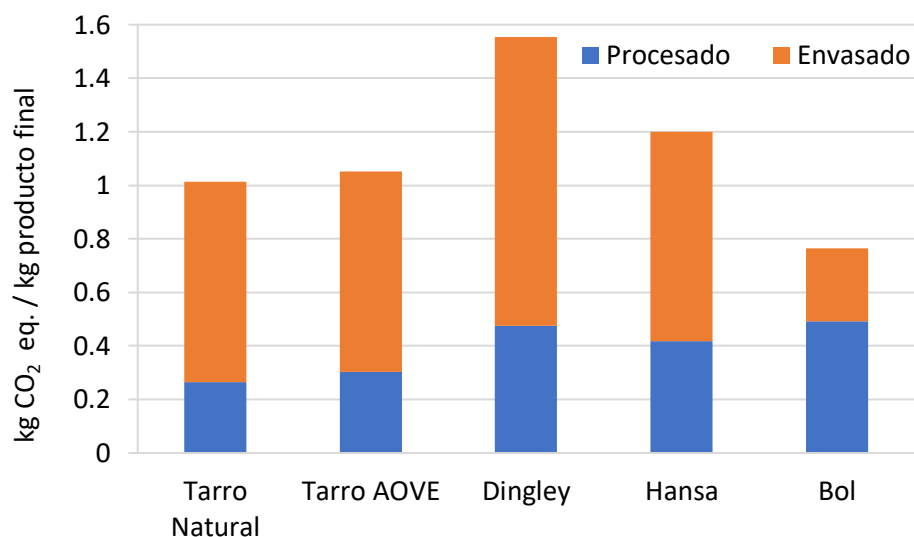


Figura 1. Comparativa Potencial de Calentamiento Global de los distintos formatos.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos mostraron que el envasado es la parte problemática del proceso generando más de un 50% de las emisiones y que es la parte del proceso hacia la que hay que focalizar las mejoras con el uso de materiales reciclados, bolsas de plástico que sustituyan a las latas o el estudio de nuevos materiales.

La empresa genera una emisión de 8.300 kg de CO₂ eq. al año y la aplicación de las modificaciones indicadas, con el fin de disminuir el indicador de Potencial de Calentamiento Global, conseguirían una reducción de 2000 kg de CO₂ eq., lo que supone un 21,3% menos de emisiones al año.

TITLE	LIFE CYCLE ASSESSMENT OF THE CANTABRIAN TUNA PROCESSING		
AUTHOR	PABLO GONZÁLEZ GARCÍA		
DIRECTOR/CODIRECTOR	MARÍA MARGALLO BLANCO / JARA LASO CORTABITARTE		
DEGREE	GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA	DATE	09/07/2021

KEYWORDS

Aluminum; Life Cycle Assessment (LCA); tuna; packing; environmental impact; Global Warming Potential (GWP).

SCOPE

The fishing sector is a globally important activity, even more in a region like Cantabria where fishing has a strong social and economic impact. The coastline of tuna is the third major coastline of the season, behind that of the mackerel and anchovy and only in Cantabria in 2020 there were 3,43 million kg of tuna catches of which 10% is destined for the transformation. Cantabria canning products are known and exported both nationally and internationally and represent an important part of the economy.

The study of this final degree Project was to evaluate the environmental behavior of northern tuna processing and its packaging with the Life Cycle Assessment methodology. The formats that the company produces for the sale of tuna were studied: Dingley, Hansa, Bol and Tarro, and the main hotspots of the process were identified.

RESULTS

Two studies have been carried out in this work according to the Global Warming Potential indicator, an individual study of the most produced format and a comparison between the different formats.

Regarding the most produced format, Dingley, it was found that the aluminum in the packaging was the main problem with 60% of CO₂ eq. emissions. Secondly, much further are the emissions from cooking (21%). Two alternatives were proposed to replace aluminum: polypropylene plastic and tinplate, which is already being used in the factory for other formats. These modifications reduce emissions per can by 50% in both cases, which is a substantial improvement.

In the comparison between the formats, the importance of packaging in the process stands out again (Figure 1) and allows to observe that the Dingley format is the one that generates the greatest impact per kg of product together with the Hansa because it has aluminum as its packaging material. The only one that does not follow the trend is the Bol format, where the impact of packaging is less due to the use of tinplate that has a lower emission factor and this makes it the most environmentally positive format. It has also been proposed to replace the aluminum lids of the Tarro format with tin lids, which reduce the emissions of this format by 21,3%.

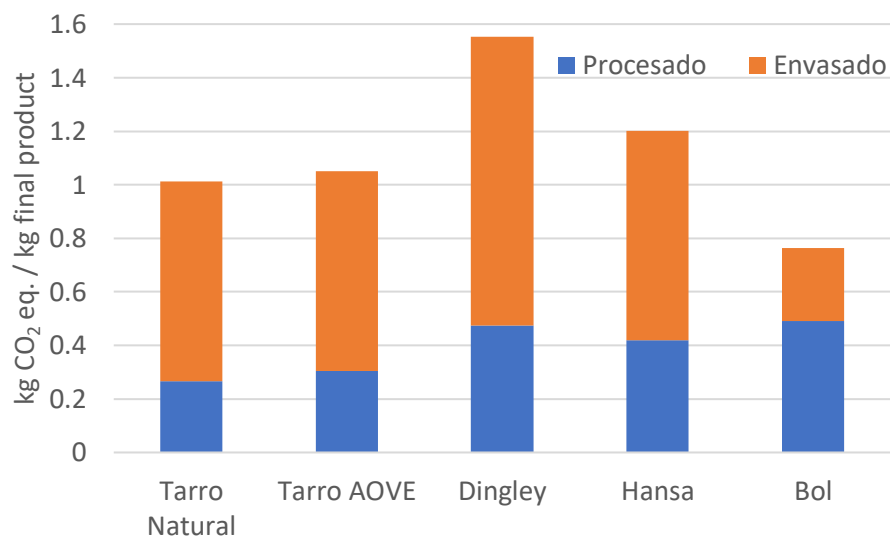


Figure 1. Global Warming Potential comparison of the different formats

CONCLUSIONS

The results obtained showed that packaging is the main hotspot of the process, generating more than 50% of emissions and that it is the part of the process towards which improvements must be focused with the use of recycled materials, plastic bags that replace cans or the study of new materials.

The company generates an emission of 8.300 kg of CO₂ eq. per year and the application of the indicated modifications, in order to reduce the Global Warming Potential indicator, would achieve a reduction of 2.000 kg of CO₂ eq., which represents 21,3 % less emissions per year.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	IMPACTO DE LA ACTIVIDAD PESQUERA EN CANTABRIA.....	1
1.2	PESCA Y PROCESADO DEL ATÚN	5
1.2.1	CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD PESQUERA DEL ATÚN EN CANTABRIA	5
1.2.2	PROCESADO DEL BONITO EN CONSERVA.....	8
1.3	PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.....	10
1.4	POLÍTICAS Y ESTRATEGIAS.....	12
1.5	INTRODUCCIÓN AL ACV	15
1.6	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	17
1.7	OBJETIVOS DEL TRABAJO	20
2.	METODOLOGÍA ACV.....	21
2.1	DEFINICIÓN DEL OBJETIVO Y ALCANCE.....	21
2.1.1	UNIDAD FUNCIONAL	22
2.1.2	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	22
2.1.3	ASIGNACIONES.....	24
2.2	ANÁLISIS DE INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA.....	25
2.3	EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CICLO DE VIDA.....	28
3.	RESULTADOS	29
3.1.	RESULTADOS DEL FORMATO DINGLEY.....	29
3.2.	COMPARATIVA DE LOS DIFERENTES PRODUCTOS.....	32
4.	CONCLUSIONES.....	37
5.	REFERENCIAS	38
6.	ANEXOS.....	43
6.1	ANEXO I: ENTRADAS AL PROCESO	43
6.2	ANEXO II: IMPACTOS Y MODIFICACIONES DE FORMATOS	43
6.3	ANEXO III: FACTORES DE EMISIÓN.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de embarcaciones por arte de pesca	1
Tabla 2. Artículos científicos dentro del campo de estudio.....	19
Tabla 3. Productos a partir de bonito del norte	22
Tabla 4. Porcentajes aplicados para la asignación en masa de los diferentes formatos de envase.....	25
Tabla 5. Formato Dingley inventario de una unidad	26
Tabla 6. Inventario de cada formato en un kg de producto final.....	27
Tabla 7. PCG del formato Dingley.	29
Tabla A1. Entradas al proceso	43
Tabla A2. Modificación hojalata formato Dingley	43
Tabla A3. Modificación plástico PP formato Dingley.....	43
Tabla A4. Impacto de los distintos formatos por kg de producto y anual.....	44
Tabla A5. Impactos formato tarro con modificaciones	45
Tabla A6. Factores de emisión Ecoinvent	45
Tabla A7. Otros factores de emisión.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cantidades de especies subastadas y valor económico obtenido en 2020 (ICANE, 2020).....	3
Figura 2. Cuotas destinadas a la zona del Cantábrico en millones de kg (MAPA, 2019) ..	5
Figura 3. Evolución de capturas de bonito anual (toneladas) y valor generado en € (ICANE, 2020).....	6
Figura 4. Comparativa de capturas globales, España y por comunidades autónomas (MAPA, 2019; ICANE, 2020)	7
Figura 5. Curricán o cacea (Figura 5a) y cebo vivo (Figura 5b).....	8
Figura 6. Diagrama de flujo del procesado del bonito del norte	9
Figura 7. Relación de las distintas políticas con el Análisis de Ciclo de Vida	13
Figura 8. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2015)	14
Figura 9. Etapas del Análisis de Ciclo de Vida (ISO, 2006).....	16
Figura 10. Descripción de los límites del sistema de producción de bonito en conserva...	24
Figura 11. Distribución de impactos Dingley.....	30
Figura 12. Cambio de material del envase del formato Dingley.	31
Figura 13. PCG de los distintos formatos de envase por kg de producto final.	33
Figura 14. Impactos en el formato tarro en sus dos versiones	34
Figura 15. Comparativa del cambio del material de la tapa para el formato tarro de cristal	35
Figura 16. Comparativa de los valores de PCG anuales actuales con las modificaciones propuestas en los envases	36

1. INTRODUCCIÓN

1.1. IMPACTO DE LA ACTIVIDAD PESQUERA EN CANTABRIA

La pesca es una actividad muy antigua en Cantabria, ya que los primeros datos sobre esta actividad datan del siglo XII. A medida que las necesidades de la sociedad van evolucionando, este sector también ha crecido aumentando el número de embarcaciones y mejorando en sus técnicas y elementos auxiliares. En general, la flota pesquera Cántabra ha desarrollado su actividad en el mar Cantábrico, aguas españolas, francesas y del Reino Unido. Además, en las costas del bonito, puede haber desplazamientos ocasionales a otros mares como el Atlántico (zona de las Azores). El sector pesquero de Cantabria está formado por tres elementos: la flota de barcos, los principales puertos y lonjas y las industrias de transformación y comercialización de los productos pesqueros.

La flota cántabra en líneas generales es mayor en tonelaje y potencia que la flota asturiana, ya que la plataforma frente a la costa cántabra es muy estrecha, lo que obliga a gran parte de la flota a trabajar más alejada de la costa a mayores profundidades (Punzón y Gancedo, 2000). La flota censada en Cantabria consta de 147 barcos con una eslora media de 21,6 m, una antigüedad media de 16 años y una media de 9,1 tripulantes por barco. La Tabla 1 muestra el número de barcos según su arte de pesca (Indemares, 2011):

Tabla 1. Número de embarcaciones por arte de pesca.

Arte	Nº barcos
Arrastre	2
Artes menores	71
Cerco	48
Palangre de fondo	7
Enmalle rascos	11
Enmalle volantas	8

El sector de las artes menores es el más importante dentro de la flota, es el que contiene las artes de enmalle que usan uno o más paños de red, también usa aparejos de anzuelo

(pesca cacea) que se usa para el bonito y nasas que son artes de fondo con forma de barril o jaula con unas aberturas para que entren las especies (BOE-A-1997-25020). Los enmalles rascos y volantas emplean la misma técnica de los paños de red, pero se diferencian por estar fijadas al barco o al fondo. También hay que destacar la flota de cerco que se desarrolla con grandes redes rodeando al banco de peces gracias a la panga o lancha pequeña con motor que transporta un extremo de la red. Por último, el palangre de fondo consiste en lanzar miles de anzuelos al agua, aunque tiene la desventaja de que se pueden producir capturas accidentales, al igual que ocurre en la pesca de arrastre que es la menos selectiva, esta consiste en dejar caer unas enormes redes al fondo oceánico y mediante potentes barcos arrastrarlas para capturar las especies (Espesca, 2021).

Esta variedad de artes permite pescar en Cantabria unas 30 especies siendo las principales: cabracho, rape, faneca, salmonete, merluza, bonito, sardina, boquerón, jurel y caballa, que desembarcan en los 8 puntos pesqueros de Cantabria: San Vicente de la Barquera, Comillas, Suances, Santander, Santoña, Colindres, Laredo y Castro Urdiales (Indemares, 2011). Los buques de Cantabria pescan alrededor de 25.600 toneladas anualmente lo que la colocan como una importante región pesquera, además de por la calidad de sus productos. La Figura 1 muestra la cantidad de cada especie subastada en todos los puertos de la región junto con el beneficio económico que se ha generado en el 2020. Hay que destacar que la especie más subastada es la anchoa, aunque genera menos valor económico que el bonito por la diferencia de precios de venta, siendo el de la anchoa 1,17 €/kg y el de bonito 3,62 €/kg (ICANE, 2020).

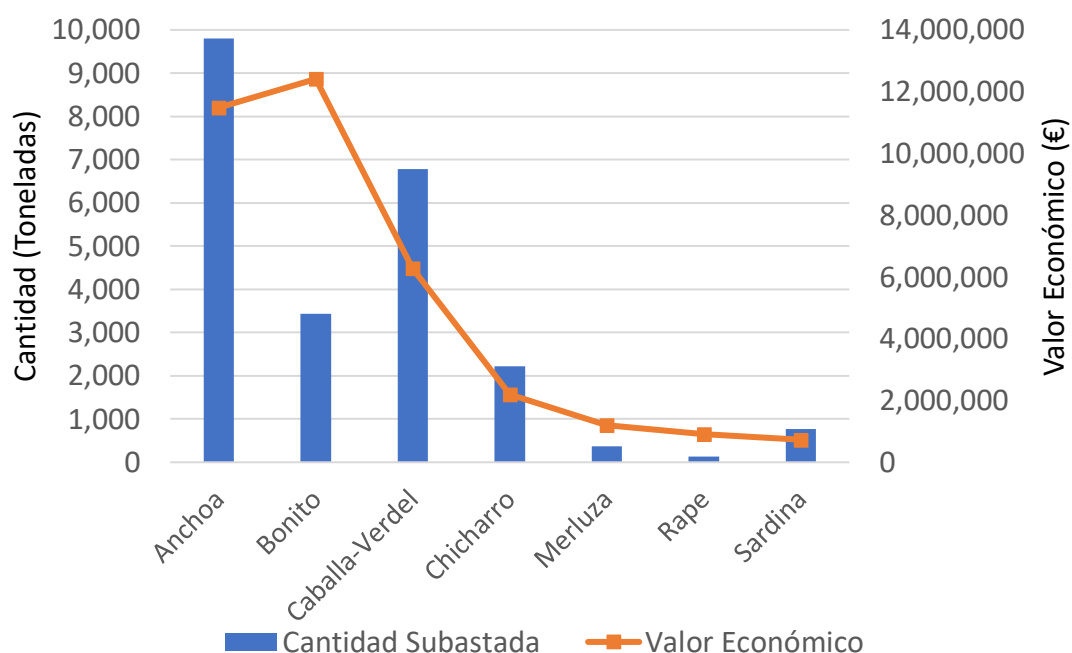


Figura 1. Cantidades de especies subastadas y valor económico obtenido en 2020 (ICANE, 2020).

El sector agroalimentario en Cantabria está formado por 406 industrias, donde el sector de conservas y semiconservas de pescado y marisco representa un 20% con 57 fábricas. Este sector es de vital importancia en Cantabria y tiene su foco principal en Santoña donde hay actualmente 29 fábricas que representan el 48% de las fábricas de la región. Laredo posee el 16% de las fábricas, Colindres el 10%, Castro el 4% y el resto se encuentran repartidas por toda Cantabria. El conjunto de toda esta industria hace que se procesen aproximadamente 2.680 toneladas de pescado, siendo el bonito del norte y anchoas las especies con mayor peso, aunque también se procesan mejillones, bocarte, esturión, berberechos, verdel, boquerón o navajas (ICANE, 2020).

Con las 57 fábricas que hay se generan más de 2.500 puestos de trabajo, aunque el tamaño de las fábricas no logra alcanzar grandes dimensiones (el 90% son pequeñas empresas y el resto medianas) puesto que los operarios por fábrica no alcanzan los cincuenta empleados y unos 800 puestos son de la tripulación de los 147 barcos de la flota. Esta cifra de empleo en las fábricas conserveras es variable, ya que hay épocas de sobreproducción en la que una empresa de 30 trabajadores puede tener 200 durante días o semanas, al igual que hay empresas que solo abren sus puertas ciertos meses en función de las campañas pesqueras. Estas épocas suelen ser los meses de marzo y abril,

donde todos los barcos salen a pescar el boquerón o anchoa. Por último, hay que destacar que el 75% de los empleados son mujeres (Urlanga, 2017).

Desde un punto de vista económico, la pesca y su industria manufacturera representan más del 5% del Producto Interior Bruto (PIB) de Cantabria. Suponen el 27% de la facturación de la economía azul cántabra, según el informe elaborado por el Clúster Marítimo de Cantabria (MarCA, 2019) y en 2018 las ventas ascendieron a 4,09 millones de € (ICANE, 2020).

Los principales destinos de las ventas pesqueras no se centran únicamente en Cantabria, donde se concentra el consumo del 15,8% de los productos fabricados. La industria conservera en Cantabria distribuye el 57,1% de sus productos en el resto de España siendo los principales puntos de venta Madrid, Barcelona, Tenerife y las Islas Baleares. Por otro lado, a la Unión Europea se exporta el 23,3% siendo Italia, Portugal y Francia los tres principales países importadores de productos españoles de la pesca, seguidos por el Reino Unido, Grecia y Alemania. En el resto del mundo se vende el 3,8% siendo los principales compradores Australia, Japón o China. Por lo que se puede comprobar a partir de estos datos que, aunque es mayor la venta nacional, la exportación de estos productos también tiene gran importancia en la economía del sector (ICANE, 2020).

Como cualquier otro sector, la pesca y sus actividades complementarias generan una serie de impactos ambientales, tales como la explotación excesiva de los recursos, la contaminación del mar, suelo y aire. Estos impactos aparecen desde las labores de captura a bordo de los barcos debido a productos tóxicos como los desinfectantes que se utilizan en la faena pesquera, a la limpieza de bodegas, la manipulación del pescado o pérdidas de combustible del barco. También el procesamiento genera un impacto importante como la liberación de gases y partículas a la atmosfera de los procesos de secado en la fabricación de harina de pescado o la utilización de soda industrial en el proceso. Por último, el transporte del pescado también genera un impacto ambiental importante, ya que se necesita mantener en buenas condiciones durante su desplazamiento y para ello se necesita energía y agua para su refrigeración, además con el desarrollo del sector se necesitan cada vez más caminos y nuevas instalaciones portuarias (Contreras, 2011).

Todos estos problemas pueden generar la contaminación de la franja costera y las ciudades aledañas, el envenenamiento del agua y del aire, la destrucción del plancton, de la flora y la fauna y la caída del turismo (Contreras, 2011).

1.2 PESCA Y PROCESADO DEL ATÚN

1.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD PESQUERA DEL ATÚN EN CANTABRIA

La costera del bonito en Cantabria es la tercera gran costera de la temporada, por detrás de la del verdel y el bocarte como se muestra en la Figura 2. Las dos últimas costeras del bocarte arrojan cifras récord completando la cuota de 27 millones de kg para todo el Cantábrico, consiguiendo capturas diarias de 10.000 kg por embarcación. En el caso del verdel la cuota es de algo más de 29 millones de kg para todo el Cantábrico (MAPA, 2019).

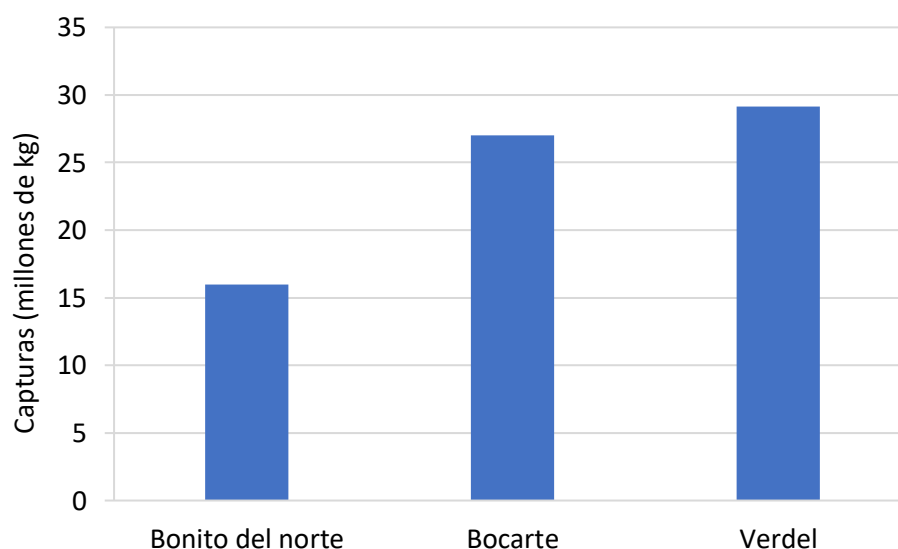


Figura 2. Cuotas destinadas a la zona del Cantábrico en millones de kg (MAPA, 2019).

Las capturas de bonito del norte llegaron a los 16 millones de kg en el año 2020 en España (zona del Cantábrico), representando el 50% de la cuota mundial (33,6 millones de kg). Este dato se ha repetido durante los años 2018, 2019 y 2020, lo que identifica a la zona del Cantábrico como la zona más importante de pesca de bonito del norte del mundo (MAPA, 2020).

La Figura 3 muestra la evolución de las capturas y el valor económico del bonito del norte entre los años 2010-2020. De los 16 millones de kg que se pescaron en 2020 a nivel mundial, 3,43 millones de kg de bonito del norte fueron capturados en Cantabria por 63 buques. Con un precio medio de 3,60 €/kg se alcanzó un valor económico de casi 11,8 millones de €. Desde el 2010, las capturas de bonito del norte han aumentado mientras que el precio por kg ha tenido fluctuaciones, desde los 3€/kg en 2013 a los 4,30€/kg en 2011 en los últimos años el precio está en torno a los 3,50€/kg. Se puede observar que se ha duplicado el dinero generado por las capturas en los últimos años respecto a la franja entre 2010-2014 (ICANE, 2020).

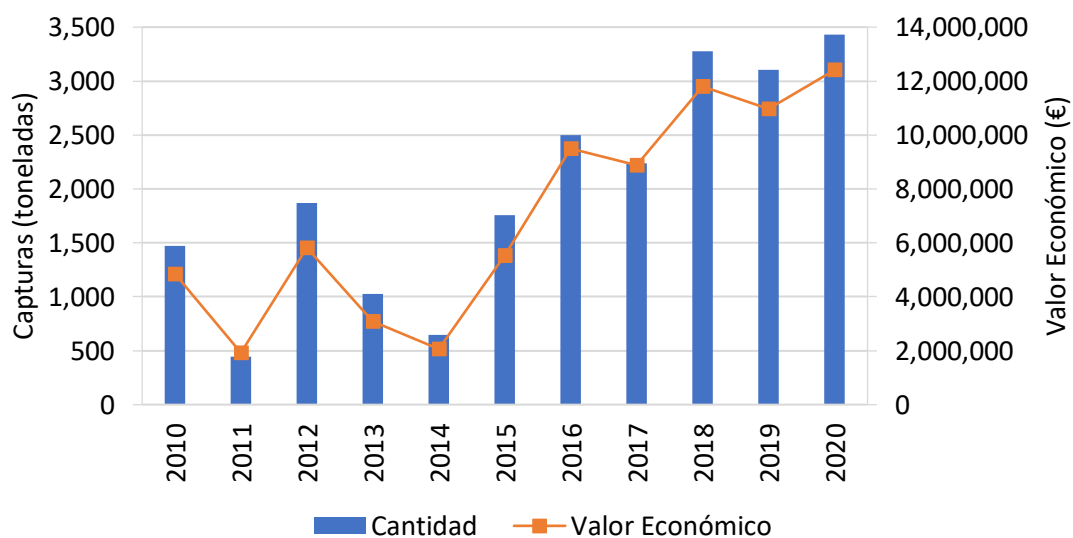


Figura 3. Evolución de capturas de bonito anual (toneladas) y valor generado en € (ICANE, 2020).

Solo hay una región con mayor cupo de capturas que Cantabria, el País Vasco con 6,76 millones de kg, también en el resto del Cantábrico, Asturias capturó 0,986 millones de kg y Galicia 1,945 millones de kg, representando la mayor parte de capturas de España, como se puede observar en la Figura 4.

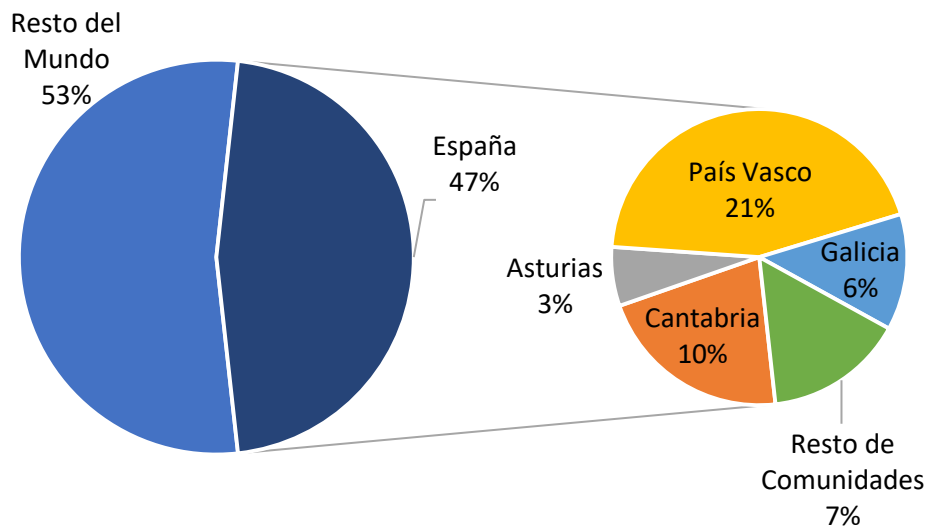


Figura 4. Comparativa de capturas globales, España y por comunidades autónomas (MAPA, 2019; ICANE, 2020).

Los buques boniteros están completamente equipados y preparados para la pesca del bonito, de hecho, su diseño está totalmente pensado para pescar dentro del Mar Cantábrico. Su finalidad es ofrecer soporte para un amplio rango de piezas pesqueras.

Estas embarcaciones también están habilitadas para capturar un amplio rango de piezas que se encuentran en alta mar, clasificándose dentro de los cerqueros. Poseen redes con las que capturan el cebo vivo que posteriormente se utiliza para hacerse con el bonito y pueden almacenar hasta 200 toneladas de estos animales marinos (Espesca, 2021).

La Figura 5 muestra las diferentes técnicas para la pesca del bonito del norte. Una de ellas es el tradicional arte del curricán o la cacea (Figura 5a), que es una técnica de pesca con anzuelo en la que los atuneros despliegan largas “perchas” con anzuelos por los lados y se izan a bordo a mano o mediante carretes. Otra forma de pesca es con cebo vivo (Figura 5b), donde las capturas son mayores, pero requieren más tripulación, se expulsan chorros de agua caliente que producen burbujas en el agua para ocultar a los pescadores y que el bonito solo vea el cebo que se utiliza, que es la anchoa o el verdel que hay que pescarlo antes y se mantienen vivos en los viveros de agua de mar de la embarcación.

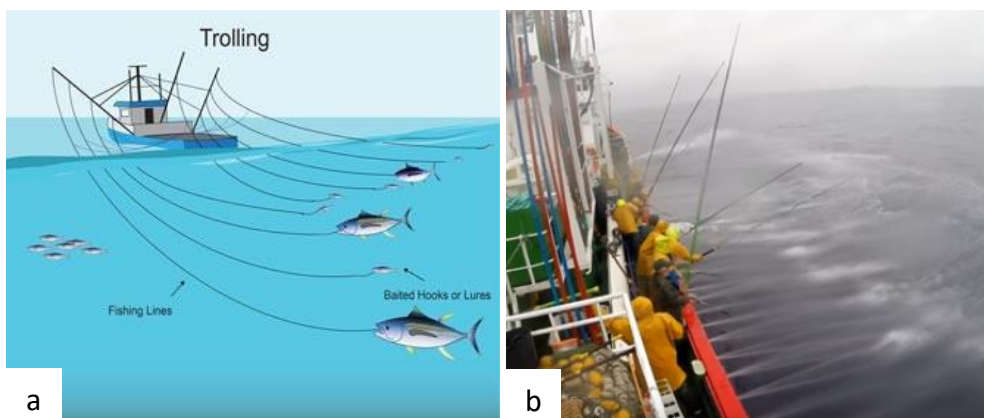


Figura 5. Curricán o cacea (Figura 5a) y cebo vivo (Figura 5b).

Ambas son dos artes tradicionales que utilizan la caña y el anzuelo, además estas técnicas no implican capturas accidentales de otras especies ni deterioran el fondo marino, a diferencia de aquellas que no son selectivas. Por eso, el bonito del norte cuenta con el Certificado de pesca sostenible MSC (Marine Stewardship Council).

Los barcos de toda la cornisa pescan de forma libre hasta que cubren el cupo, lo que tradicionalmente prolonga la captura desde julio hasta octubre, y sitúa agosto como mes de referencia para hacerse con los ejemplares de mayor calidad y tamaño.

1.2.2 PROCESADO DEL BONITO EN CONSERVA

A las conserveras llega el bonito capturado con el objetivo de elaborar un producto que sacar al mercado, el cual se guarda en contenedores en cámaras frigoríficas a temperaturas entre -20 y -16°C para preservar el pescado en las mejores condiciones posibles hasta que se utilice para la siguiente etapa. En la primera etapa se realiza un despiece donde se eliminan la cabeza, las vísceras y la cola. Estas partes no comestibles se destinan a la elaboración de harina de pescado, aceites o a la producción de piensos para animales.

En la siguiente etapa se lleva a cabo la cocción del pescado, en la que se calienta agua hasta los $56-63^{\circ}\text{C}$ utilizando gasoil y el bonito se cocina durante 2-4 horas en función del peso. En esta etapa, además se introduce la salmuera. Al acabar la etapa de cocción, los troncos de bonito se dejan enfriar y se someten a una limpieza para retirar las espinas, la piel y las partes no comestibles u oscuras del tronco. Como resultado, se obtiene el

bonito elaborado escurrido que se va a envasar en distintos formatos. En la etapa de envasado existen diferentes tipos de formatos en función del peso y material del envase (hojalata, aluminio, vidrio). Además, el líquido de cobertura puede ser aceite de oliva, aceite de girasol, escabeche, salsa catalana o agua (al natural).

Las latas de bonito que superan el kilo de peso y que están dirigidas al sector de la hostelería se elaboran a mano, ya que en ellas se introducen troncos enteros de bonito, mientras que las latas de bajo gramaje que se consumen en los hogares se fabrican con máquinas empacadoras y las tapas se ponen con máquinas neumáticas, ya que es necesario que el cerrado sea hermético y se debe controlar constantemente la eficiencia de este. Los trozos más pequeños y los raspados de carne se envasan como “migas”.

Una vez se ha finalizado el envasado se lavan los envases con agua presión para eliminar los restos del líquido de cobertura que puedan haber quedado en la superficie y se colocan en carros porta-envase, los cuales son introducidos en las autoclaves para proceder a la esterilización, proceso por el cual se destruyen los microorganismos aplicando calor y se consume agua. Así se alarga la vida útil de la conserva hasta una fecha de consumo preferente de 6 años. Por último, se lleva a cabo el etiquetado y envasado secundario en cajas de cartón, que a su vez se colocan en pallets para su distribución.

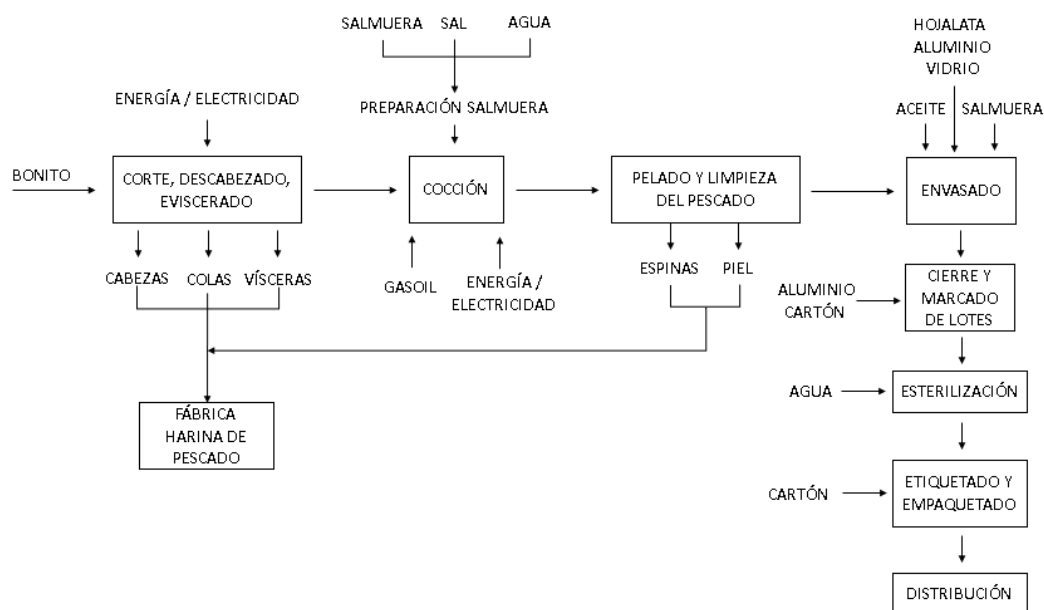


Figura 6. Diagrama de flujo del procesado del bonito del norte.

1.3 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

Los problemas ambientales en el sector pesquero surgen desde la pesca y el uso de las embarcaciones por varias razones; por ejemplo, un mal uso de las artes que genera la explotación excesiva de las existencias de los peces, la captura de las especies no objetivo y daños al hábitat a raíz del uso de ciertos equipos y prácticas de pesca. Este mal uso de las técnicas de pesca no se limita solo a la forma de esta o su selectividad, es el caso de la “pesca fantasma” que trata de aquellos artes de pesca abandonados, desechados o perdidos en el medio marino. Estos son unos de los principales tipos de desechos que afectan al medio marino en la actualidad y son peligrosos para la navegación, a causa de las redes y trampas abandonadas o perdidas (Fundación Aquae, 2021). También pueden generarse problemas por la contaminación proveniente de los derrames de petróleo y combustible, por el desgaste del casco del buque o los daños causados por los buzos y anclas.

La pesca no es el único contaminante. Por otro lado, hay que destacar la creación o expansión de las áreas portuarias, instalaciones en tierra y obras de infraestructura (camino, agua, energía eléctrica) que son necesarias para el procesamiento y transporte de los productos de la pesca e imprescindibles para continuar la evolución económica del sector. También hay que comentar la contaminación proveniente de los efluentes de las plantas industriales de procesamiento de la pesca como pueden ser residuos sólidos, aceites o restos de material de envases y embalaje (Contreras, 2011).

Freón et al. (2014) realizaron un estudio en el que se detallan los impactos que generan las distintas partes de la actividad pesquera, se presenta según porcentajes del impacto global generado, con un método que tiene en cuenta los sucesos que más contaminan en orden decreciente hasta generar el 95% de los impactos. La construcción y el fin de ciclo de vida del casco y de la estructura del buque son dos aspectos que se deben tener muy en cuenta por el uso del acero marino, un acero inoxidable con baja cantidad de carbono. También es importante el mantenimiento del casco, la construcción de la hélice y el fin de ciclo de vida de la red eléctrica.

La parte de consumo de combustible de los buques durante sus trayectos es el principal problema en cuestiones ambientales, ya que se alcanza hasta un 65,6% del impacto

global del ciclo de vida. Según estudios realizados, los buques pesqueros que se utilizan para la captura de esta especie consumen unos 368 litros de combustible por tonelada de bonito lo que lleva a generar 1,1 kg de CO₂ equivalente por tonelada de bonito. El transporte marino tiene un importante impacto en todos los indicadores (Parker, et al. 2014). Otro estudio indica que el suministro y la combustión directa de combustible junto con el uso de pintura antiincrustante durante la pesca son los causantes de los mayores impactos (Hospido et al., 2005).

No toda la problemática ambiental se genera en los barcos pesqueros, la huella de carbono representativa de todo el proceso de la cuna a la tumba está mayormente dominada por la pesca y el embalaje teniendo una emisión menor el procesado y el transporte. La parte de cocinado, salmueras y preparación de las conservas desde su entrada a la fábrica hasta que esté preparado para el envasado representa un impacto mínimo frente al de los envases en todos los casos, mejillones, bocarte, bonito del norte, anchoas... (Laso et al., 2018).

Analizando el proceso que se lleva a cabo dentro de la fábrica por partes, se empezaría por la transformación o procesado del bonito del norte, en esta etapa los servicios auxiliares (uso de electricidad en la planta y limpieza de instalaciones) tienen el mayor consumo de agua y electricidad, un 74% y un 61% del total respectivamente. En segundo lugar, se encuentra el proceso de cocción, que tiene un consumo significativo de energía (19%) y agua (20%). La etapa de llenado de aceite también tiene un considerable impacto empleando el 15 % de la energía total y el 15% del agua total. Este empleo de agua y electricidad de los servicios auxiliares es el que mayor impacto proporciona con algo más del 60% de las emisiones de CO₂ eq. del procesado, el resto de las emisiones se producen mayormente en el proceso de cocción y el llenado de aceite, con un 18% cada una aproximadamente (Laso et al., 2016 b).

Dentro del envasado, se puede observar que es el problema común en las industrias conserveras, ya que es la parte que genera la mayoría de las emisiones de CO₂ eq. con un 80% del impacto generado por la fábrica. Pero no es solo un problema de este indicador, si no que en la mayoría representa el mayor impacto ambiental como en los efectos a la salud humana o la acidificación atmosférica (Laso et al., 2016 b).

También hay una gran diferencia en cuanto al producto final que se quiere obtener, por ejemplo, el bonito envasado tiene la problemática de las emisiones según el material de los envases, frente al lomo embolsado o el lomo de bonito en sacos cuya problemática es el plástico de las bolsas. La importancia que tienen los envases en el proceso de fabricación del bonito se refleja en las emisiones de los ejemplos comentados.

Un factor muy importante es el uso de hojalata en los envases, el cual se recomienda reducir mediante su mezcla con envases de aluminio o si no es posible cambiar el material, aumentar el tamaño de estos envases para la venta al público (Hospido et al., 2006). También se podría estudiar el cambio de estos envases por el uso de bolsas de plástico que ya se utiliza en Ecuador, con el objetivo de reducir el impacto.

El consumo de combustible y sus emisiones durante el transporte del producto final es una parte importante del proceso, pero es mucho menor este consumo que el de los buques que se utilizan para la pesca. A nivel de impacto el transporte es el menor de todos incluso por debajo del procesado del producto, esto se debe a que el porcentaje de ventas es del 90% a nivel nacional mientras que tan solo el 10% es a nivel internacional. Además, se tiene en cuenta que para el bonito enlatado las ventas al por mayor y al por menor son irrelevantes (Hospido et al., 2006).

1.4 POLÍTICAS Y ESTRATEGIAS

Para hacer frente a los problemas planteados en el apartado anterior se han elaborado una serie de políticas y estrategias a nivel mundial, europeo y nacional que buscan dar solución a los retos medio ambientales a los que se enfrenta el sector pesquero. Dentro del contexto político se pueden destacar políticas como los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el Pacto Verde Europeo o España Circular 2030.

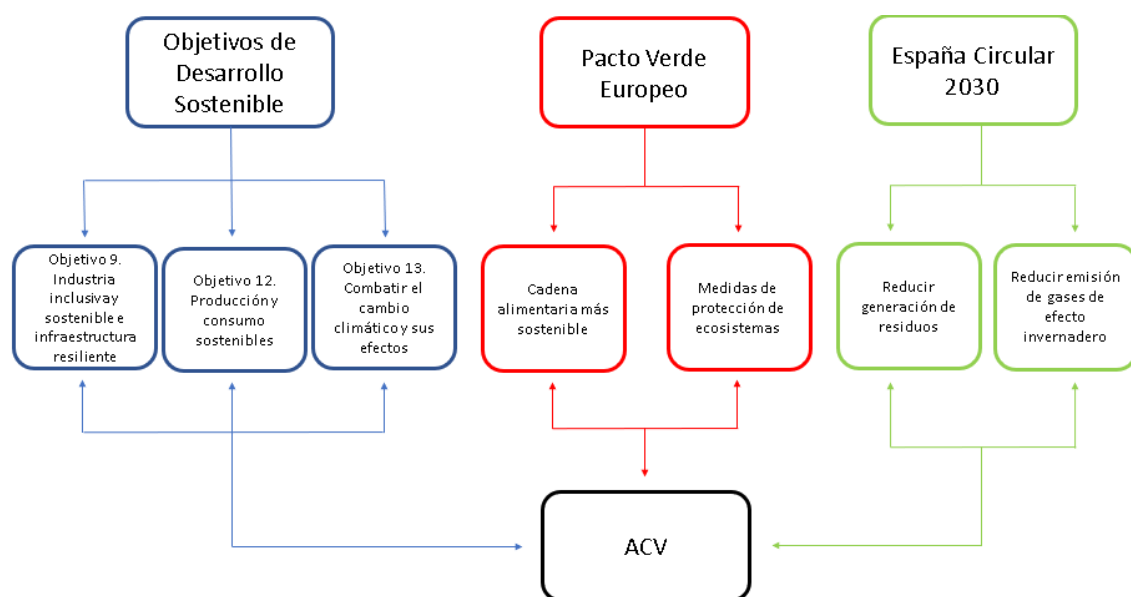


Figura 7. Relación de las distintas políticas con el Análisis de Ciclo de Vida.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), son una iniciativa de la Organización de las Naciones Unidas y consta de diecisiete objetivos propuestos como continuación de los Objetivos del Milenio. Dentro del ámbito de este trabajo, se pueden destacar tres objetivos a cumplir relacionados con la industria pesquera: el Objetivo 9 (Industria, Innovación e Infraestructura), el Objetivo 12 (Producción y Consumo responsable) y el Objetivo 13 (Acción por el clima), que aparecen en la Figura 7. El Objetivo 9 busca dentro de la industria construir una infraestructura resiliente, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación. Otro tema recurrente es el desperdicio de alimentos que trata el Objetivo 12, además de promover el uso de los recursos naturales y de los combustibles fósiles de manera sostenible. Por último, el Objetivo 13 aboga por adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos, se necesita revertir la crisis y una financiación climáticas, ya que, las inversiones en combustibles fósiles siguen siendo mayores que las acciones por el clima. Estos objetivos y los restantes que conforman este plan de acción a nivel internacional se muestran en la figura 8 (ONU, 2015).



Figura 8. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2015).

A nivel europeo y con el objetivo de restaurar la biodiversidad, reducir la contaminación e impulsar un uso eficiente de los recursos mediante el paso a una economía limpia y circular se ha desarrollado el “Pacto Verde Europeo”. Este pacto busca que se dejen de producir emisiones netas de gases de efecto invernadero en 2050 y que el crecimiento económico esté disociado del uso de recursos. Este plan se centra en vistas a una economía circular, con el objetivo de asegurar que los recursos utilizados se mantengan en la economía de la Unión Europea durante el mayor tiempo posible. Esto se quiere alcanzar invirtiendo en tecnologías respetuosas con el medio ambiente y apoyando la industria en la búsqueda de innovaciones. Hay que destacar el objetivo “De la granja a la mesa” que aboga por que los alimentos europeos deben seguir siendo seguros, nutritivos y de alta calidad y deben producirse con un impacto mínimo sobre la naturaleza. Además de empoderar a los consumidores para que tengan más información de los productos para poder tomar decisiones, y en relación con el objetivo 12 de ODS asegurar menor desperdicio, se buscará primero reducir los residuos y segundo transformarlos en recursos secundarios de alta calidad. Por último, también se aboga por hacer que los productos sostenibles sean la norma en la Unión Europea (Comisión Europea, 2019).

La reducción de residuos es un objetivo común de las tres políticas, en “España Circular 2030”, que es la Estrategia Española de Economía Circular (EEEC), aprobada en 2020 y con objetivos para 2030 pone como objetivo reducir la generación de residuos un 15%

respecto a 2010. Esta estrategia sienta las bases para impulsar un nuevo modelo de producción y consumo y lograr una economía sostenible, descarbonizada, eficiente en el uso de recursos y competitiva. Las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por las industrias tienen que disminuir por debajo de los millones de toneladas y hay que mejorar la eficiencia en el uso del agua, que se utiliza en esterilización o en la cocción del pescado, por último, incrementar la reutilización de los envases es otro objetivo importante (MITECO, 2018).

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) se presenta como una herramienta de gestión ambiental cuya finalidad es analizar de forma objetiva, metódica, sistemática y científica el ciclo de vida del proceso, siendo la base del Ecodiseño y Ecoetiquetado, que proporciona información que ayuda a la identificación de oportunidades de mejora. El análisis trata de responder a los problemas ambientales, evitando crear un problema nuevo (Haya, 2016). Las políticas mencionadas imponen unas medidas o dan unas instrucciones que las empresas tienen que llevar a cabo para mejorar su situación actual en aspectos ambientales, económicos, entre otros, con el objetivo de conseguir una mejora y un orden global. La herramienta que proponen estas políticas para lograr los objetivos establecidos es el ACV.

1.5 INTRODUCCIÓN AL ACV

La metodología de ACV se rige por las normas ISO 14040 e ISO 14044, definiéndolo como una recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de su ciclo de vida (ISO, 2006 a, b).

El ACV ayuda a comprender de una manera global las implicaciones ambientales del proceso estudiado. El alcance de la responsabilidad ambiental va más allá del producto y del proceso teniendo en cuenta desde la cuna hasta la tumba, es decir, desde la extracción de materias primas hasta el final de vida de los propios productos. Para mejorar el sistema en estudio, primero deben identificarse las áreas de posible mejora. El ACV ayuda a identificar aquellas que pueden llevar a una mejora mayor o las que apenas afectan al conjunto y en las que no vale la pena invertir recursos (Fullana et al., 1997).

La metodología del ACV se divide en cuatro fases representadas en la Figura 9 junto con sus aplicaciones directas: 1) la definición del objetivo y alcance; 2) el análisis de inventario; 3) la evaluación del impacto; y 4) la interpretación, todas ellas están interrelacionadas.

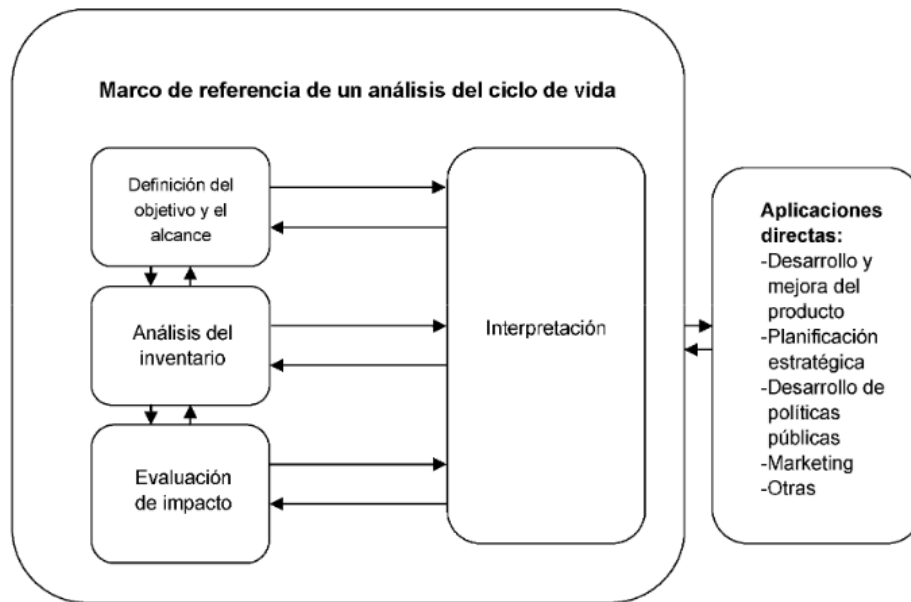


Figura 9. Etapas del Análisis de Ciclo de Vida (ISO, 2006).

La definición del objetivo y del alcance es la etapa más importante, ya que se realizan las elecciones iniciales que determinan el plan de trabajo de todo el ACV (Guinée et al., 2004). El objetivo del ACV establece la aplicación prevista, las razones para realizar el estudio y el público previsto, es decir las personas a quienes se prevé comunicar los resultados de estudio. Mientras que el alcance incluye el sistema del producto a estudiar, tiene que incluir la unidad funcional, que es la medida de la función del sistema estudiado y da una referencia de cuáles son las entradas y salidas relacionadas permitiendo la comparación de dos sistemas diferentes, una descripción de sistema de estudio incluyendo los límites del sistema, las asignaciones y todas las hipótesis que se hayan considerado (ISO, 2006).

El análisis de inventario (ICV) corresponde al inventariado de cargas ambientales. Se trata de la recopilación y cuantificación de entradas y salidas para la posterior resolución de balances de materia y de energía, tras definir el sistema a estudiar y presentarlo

mediante un diagrama de flujo donde aparecen todas las etapas del proceso (Fullana et al., 1997).

La evaluación de impacto del ciclo de vida tiene por objeto comprender y evaluar la magnitud y la importancia de los posibles impactos para un sistema de producto (ISO, 2006). Ayuda a convertir los datos del inventario en impactos ambientales, a través de una serie de categorías de impacto, como pueden ser la reducción de la capa de ozono, la acidificación, la eutrofización, la toxicidad o el agotamiento de recursos, en este caso el indicador ambiental estudiado es el Potencial de Calentamiento Global (Fullana et al., 1997).

La interpretación consiste en la presentación de resultados según objetivos, las conclusiones del análisis del inventario y de los impactos se analizan con el fin de proporcionar una evaluación fácilmente comprensible y completa, y presentar de forma coherente los resultados de un ACV (ISO, 2006).

1.6 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Los estudios de ACV son numerosos en el ámbito de la pesca y del procesado de pescado, centrándose geográficamente en zonas de Sudamérica y en España sobre todo en la zona del mar Cantábrico.

Respecto a la etapa de captura del pescado, Freón et al. (2014) analizaron las embarcaciones que pescan anchoa peruana, comparando el impacto que tienen las diferentes etapas del ciclo de vida de los buques. Este trabajo indica que el uso de los buques es la etapa más importante por el consumo de combustible y su emisión de agentes contaminantes a la atmósfera. En el caso de la anchoa europea, Laso et al. (2017) evaluaron el ciclo de vida de las embarcaciones de cerco destinadas a la pesca de la anchoa europea. La producción y consumo de diésel era el principal problema del agotamiento de combustibles fósiles, de la acidificación, del calentamiento global y de la eutrofización. Además, resaltaron que la pesca y el procesado del producto representan el 90 % (en partes iguales) del calentamiento global producido en la actividad desde la cuna a la tumba.

Respecto a los estudios realizados de la pesca de bonito del norte, son escasos. Hospido et al. (2005) realizaron un estudio de la cuna a la puerta destacando que el uso de

combustible tiene un importante impacto en todos los indicadores, como en el Potencial de Calentamiento Global, el de Acidificación o el de Eutrofización. También establecieron que el suministro y la combustión directa de combustible junto con el uso de pintura antifouling durante la pesca presentaron los mayores impactos. Avadí et al. (2020), también concluyeron con que el mayor impacto proviene de la producción y consumo de combustible para la propulsión de los barcos pesqueros y que es necesario que la pesca se gestione mejor por temas de degradación. Parker et al. (2014) analizaron la huella de carbono de las embarcaciones pesqueras de bonito y concluyeron que se consumían 368 litros de combustible por tonelada de bonito, lo que generaba 1,1 kg de CO₂ por esta cantidad capturada. Iribarren et al. (2010) estimaron la huella de carbono de bonito en la actividad pesquera de la comunidad de Galicia, obteniendo resultados para distintas especies como, por ejemplo, bonito barrilete 23,36 t CO₂/año y el bonito de aleta amarilla 54,3 t CO₂/año.

Respecto a la etapa de procesado y transformación, Avadí et al. (2014) realizaron un estudio del preprocesado y procesado de la anchoa peruana para estudiar el impacto ambiental en Perú. Por otro lado, Laso et al. (2016a) analizaron la gestión de residuos de la industria conservera de la anchoa y determinaron que las cabezas y las espinas se pueden valorar para producir harina y aceite de pescado en vez de clasificarlos como residuos, así se produce un mayor aprovechamiento y tiene mejor perfil medioambiental que la incineración y el vertido.

Siguiendo la misma tendencia que la etapa de pesca, los estudios realizados sobre el procesado de bonito son escasos. Hospido et al. (2006) aportaron un esquema de procesado dentro de la fábrica y evaluaron el impacto ambiental de la producción de bonito desde su entrada como materia prima hasta el bonito enlatado listo para consumir. La producción y el transporte de hojalata utilizada para el envasado es la que genera mayor impacto, lo que lleva a dos alternativas: un incremento en el porcentaje del material reciclado y la sustitución de este material por el plástico, que ya se utiliza en algunos países de Sudamérica.

Por último, Avadí et al. (2015) analizaron todo el proceso global realizando un análisis de la acuicultura, pesca y procesado del bonito ecuatoriano, estudiando las etapas de la cuna a la tumba (pesca hasta consumo de materiales de embalaje). Concluyeron que

para reducir impactos ambientales había que optimizar los formatos de envases, buscando producir latas de hojalata más grandes, y la eficiencia de combustibles.

Hay que destacar que no hay muchos artículos que estudien la pesca del bonito del norte y sobre todo el procesado de este, en comparación con otras especies como la anchoa, lo que genera otro motivo más para realizar este estudio sobre el procesado de bonito del norte.

Tabla 2. Artículos científicos dentro del campo de estudio.

Autor	Especie	Unidad Funcional	Parte del proceso
Avadí et al. 2014	<i>Engraulis ringens</i>	1 kg de producto final	Preprocesado y procesado
Avadí et al. 2015	<i>Thunnus albacares</i> <i>Katsuwonus pelamis</i> <i>Thunnus obesus</i>	1 t producto final	Acuicultura y pesca / procesado
Avadí et al. 2020	<i>Thunnus albacares</i> <i>Katsuwonus pelamis</i> <i>Thunnus obesus</i>	1 t de producto final	Acuicultura y pesca
Freón et al. 2014	<i>Engraulis ringens</i>	1 de producto fresco	Embarcaciones y Pesca
Hospido et al. 2005	<i>Thunnus albacares</i> <i>Katsuwonus pelamis</i>	1 t de pescado fresco	Embarcaciones y Pesca
Hospido et al. 2006	<i>Thunnus albacares</i> <i>Katsuwonus pelamis</i>	1 t de pescado fresco	Procesado
Iribarren et al. 2010	<i>Thunnus albacares</i> <i>Katsuwonus pelamis</i>	1 t de pescado	Embarcaciones y Pesca
Laso et al. 2016a	<i>Engraulis encrasicolus</i>	1 t de anchoa	Procesado
Laso et al. 2017	<i>Engraulis encrasicolus</i>	1 kg de anchoa del Cantábrico	Embarcaciones y Pesca
Parker et al. 2014	<i>Thunnus albacares</i> <i>Katsuwonus pelamis</i>	1 t bonito fresco	Pesca y transporte

1.7 OBJETIVOS DEL TRABAJO

El objetivo de este trabajo es hacer un estudio del análisis de ciclo de vida a partir de los datos aportados por un cuestionario a una empresa conservera de Santoña sobre su producción de bonito del norte. Se evaluará el impacto ambiental basado en el indicador de Calentamiento Global para poder determinar cuáles son las etapas críticas del proceso y comparar los resultados obtenidos con otros estudios. Se buscará la optimización del sistema basándose en este indicador, desde la puerta-puerta de la fábrica, enfocándose en el procesado y en los diferentes envasados.

Para poder alcanzar el objetivo principal se han desarrollado una serie de estudios específicos:

- Estudiar la situación actual y los últimos años del sector pesquero Cántabro y la zona del Cantábrico, así como de las industrias conserveras cántabras.
- Establecer el alcance del estudio definiendo la unidad funcional, límites y asignaciones.
- A partir de los datos obtenidos por la empresa elaborar el inventario de análisis de ciclo de vida.
- Análisis e interpretación de los resultados del indicador de Calentamiento Global. Además de estudiar alternativas de nuevos materiales de envasado para poder proponer mejoras en cuanto a este proceso.
- Comparar los resultados del indicador de Calentamiento Global con otros estudios.

2. METODOLOGÍA

En este trabajo se ha desarrollado un estudio del impacto ambiental, concretamente del Potencial de Calentamiento Global de los productos de bonito del norte de una empresa conservera de Cantabria. El estudio abarca desde la entrada del pescado fresco en la fábrica hasta su salida en forma de producto hacia el consumidor. La metodología empleada sigue las directrices de las normas ISO 14040 e ISO 14044 que rigen la metodología de Análisis del Ciclo de Vida (ISO, 2006 a, b).

2.1 DEFINICIÓN DEL OBJETIVO Y ALCANCE

El objetivo de este estudio es evaluar ambientalmente los productos derivados del bonito del norte para encontrar los problemas que podría tener el proceso e identificar las principales fuentes contaminantes. Se trata de mejorar la eficiencia ambiental del proceso, de construir la llamada “infraestructura resiliente y sostenible” por la que abogan los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

El estudio abarca de la cuna a la puerta, excluyendo la etapa de pesca, es decir, desde la llegada de las materias primas a la fábrica hasta su salida en distintos formatos listos para el consumidor. La empresa estudiada es una conservera localizada en Santoña (Cantabria) que además de transformar el bonito también trata otros productos como la anchoa, el esturión, mejillones y la salmuria (extracto de anchoa).

Se ha estudiado la producción de bonito en conserva de la cual se tienen distintos formatos, la diferencia entre estos es la cantidad de bonito escurrido que contienen, el tipo de aceite, que puede ser aceite de oliva virgen (AOVE), de girasol o bonito al natural y el material del que está compuesto el envase. Tal y como se muestra en la Tabla 3 los formatos de los envases son Hansa, Bol, Dingley y tarro de cristal al natural y en AOVE, de los cuales luego se desglosarán sus componentes y sus impactos. El formato principal de ventas se trata del formato Dingley que es el octavillo clásico.

Tabla 3. Productos a partir de bonito del norte.

Formato envase	Aceite	Material del envase	Unidades fabricadas/año
Hansa	AOVE	Aluminio	8.004
Bol	Girasol	Hojalata	3.802
Dingley	Girasol	Aluminio	15.090
Tarro de cristal	AOVE	Cristal y tapa de aluminio	1.427
Tarro de cristal	Al natural	Cristal y tapa de aluminio	1.177

2.1.1 UNIDAD FUNCIONAL

Para poder comparar los diferentes formatos es necesario establecer una unidad de referencia. En la metodología de ACV, la unidad funcional (UF) es aquella que permite cuantificar el rendimiento de un sistema de producto y proporciona una referencia común para medir las entradas y salidas del sistema (ISO, 2006). En este trabajo se van a utilizar dos UF:

- 1) Primero se elaborará un estudio del formato que más se produce, el Dingley, para el que se ha definido la UF como una lata de este tipo, que considera 80 g de bonito escurrido, 30 g de aceite de girasol, con su correspondiente envasado primario (lata de aluminio) y el secundario.
- 2) En segundo lugar, se va a hacer un análisis del impacto ambiental de todos los formatos de bonito del norte en conserva. Para poder compararlos, se ha definido como UF 1 kg de producto final, que considera el bonito escurrido, su correspondiente cantidad de aceite, el envasado primario y el secundario. Además, esta unidad funcional permite realizar una comparación con otros trabajos que utilizan la misma UF.

2.1.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

En este apartado se describen los procesos y las etapas del sistema que se van a considerar en el estudio. En este TFG se llevó a cabo un estudio que se centra en las etapas de la cuna a la puerta, es decir, desde la producción de las materias primas a la conservera hasta la salida del producto final. La Figura 10 muestra los límites del sistema

estudiado, las partes que están más marcadas son las consideradas en este estudio que son el procesado y envasado para obtener el producto final, mientras que las partes punteadas son los procesos excluidos de estudio. La parte de la pesca y el transporte del pescado hasta la conservera no se ha tenido en cuenta en el impacto ambiental estudiado por lo que el estudio comienza cuando el pescado entra en la fábrica. En el año 2019, se procesaron aproximadamente unos 9.277 kg de bonito, que es la principal materia prima, de los cuales las cabezas, colas y vísceras, que representan un 42% del peso total, se separaron para mandarlas a una fábrica de harina de pescado situada en Santoña, valorizando así estos restos no comestibles del pescado. Sin embargo, la transformación en harina no está incluida en el sistema. A continuación, se lleva a cabo el procesado de bonito que necesita las entradas de electricidad, agua, salmuera y gasoil, para cocción y limpieza del producto final que representa un 36,76% del bonito que entra a la fábrica. Una vez se tiene el bonito procesado comienza la etapa de envasado, se fabrican formatos de distintos materiales (aluminio, hojalata y vidrio), se produce cada envase específico que se llena con una cantidad de bonito y con un aceite (o al natural) y se le coloca una tapa para producir un cierre hermético que asegure el buen estado de los alimentos con el tiempo. También es necesaria una esterilización que utiliza principalmente agua y, por último, se empaqueta el producto en un envase secundario que está compuesto por una caja de cartón en el que se contienen varias unidades de los formatos.

Del proceso se han excluido las etapas posteriores de la distribución y consumo del producto final y su fin de vida. Dentro de la etapa estudiada no se han incluido la gestión de residuos orgánicos y de efluentes del proceso como podrían ser el aceite y la salmuera residual o la gestión del agua utilizada en las etapas de cocción, limpieza del pescado y esterilización.

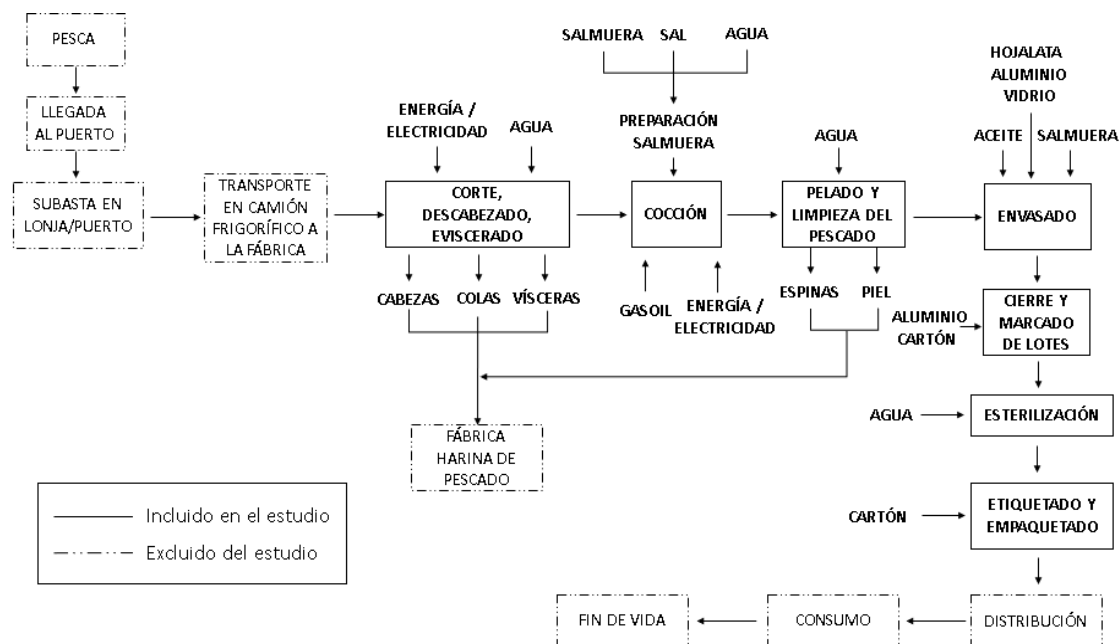


Figura 10. Descripción de los límites del sistema de producción de bonito en conserva.

2.1.3 ASIGNACIONES

Como se ha explicado en el apartado anterior, el sistema analizado es un proceso multi-salida en el que a partir de una entrada (bonito fresco) se obtienen varias salidas (o productos) por lo que es necesario asignar los impactos ambientales a cada tipo de producto. Las asignaciones consisten en distribuir los flujos de entrada o de salida de un proceso entre los sistemas de los productos bajo estudio, las asignaciones van a afectar a las etapas comunes que tienen los distintos formatos, en este estudio se van a aplicar a las entradas de gasoil, salmuera, agua y electricidad que se utilizan en las etapas de descabezado, eviscerado y corte, cocción y limpieza del pescado. Los procedimientos de asignación deben aplicarse de manera uniforme a las entradas y salidas similares del sistema en consideración. Las distintas opciones que hay para realizar las asignaciones en procesos unitarios compartidos son por propiedades físicas (por ejemplo, la masa), el valor económico o el número de usos posteriores del material reciclado (ISO, 2006). En este caso la asignación realizada ha sido en masa en función del peso escurrido de bonito que se utiliza para cada formato durante el año, el porcentaje de asignación para los cinco formatos se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Porcentajes aplicados para la asignación en masa de los diferentes formatos de envase.

Formato de envase	Porcentaje masa total (%)
Tarro de cristal de bonito al natural	8,37
Tarro de cristal de bonito AOVE	10,15
Dingley con aceite girasol	33,01
Bol con aceite girasol	14,55
Hansa con AOVE	33,92

2.2 ANÁLISIS DE INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA

Todos los datos han sido aportados por la empresa a través de un cuestionario y se corresponden con la producción de 2019.

La Tabla 5 recoge los datos de inventario para la producción de una lata de bonito en conserva en el formato Dingley. El 33% del bonito producido se vende en este formato, siendo el más producido con 15.090 unidades en el año 2019. Este envase contiene aceite de girasol y su envase es de aluminio, teniendo también representación el cartón tanto en el folding como en el envase secundario. El folding es un cartón plegable que sirve como embalaje de la propia lata, es el cartón exterior que llevan los octavillos o formatos de este estilo.

Tabla 5. Formato Dingley inventario de una unidad.

Formato Dingley	Cantidad	Unidades
Eviscerado		
Electricidad	$2,18 \cdot 10^{-4}$	kWh
Cabeza, colas y vísceras	85,29	g
Transformación		
Peso escurrido de bonito	80	g
Aceite Girasol	30	g
Agua	0,66	l
Electricidad	$1,31 \cdot 10^{-4}$	kWh
Salmuera	0,06	l
Gasoil	0,016	l
Envasado primario		
Aluminio	15,6	g
Folding	7,9	g
Envasado secundario		
Cartón	9,58	g

La segunda unidad funcional utilizada es un kg de producto final para poder hacer una comparación de los distintos formatos que sea válida, ya que tienen diferentes tamaños y materiales, el inventario de este kg de producto se presenta en la Tabla 6.

El 47,6% del bonito producido se vende en formatos que contienen aceite de girasol, estos productos son el Dingley y el formato Bol, cuyo envase es de hojalata, teniendo también representación el cartón tanto en el envase secundario como en el folding. Los productos que utilizan aceite de oliva virgen extra son los formatos Hansa (aluminio y folding) y el tarro de cristal con tapa de aluminio que representan el 44,1% del bonito transformado.

El 8,3% restante de los productos se destina a bonito al natural, que contiene salmuera en vez de tener algún tipo de aceite y se vende en el formato de tarro de cristal que también se utiliza para el caso del aceite de oliva.

Tabla 6. Inventario de cada formato en un kg de producto final.

	Bol	Tarro Cristal AOVE	Tarro Cristal al Natural	Hansa	Dingley
Eviscerado					
Electricidad (kWh)	$1,44 \cdot 10^{-3}$	$1,32 \cdot 10^{-3}$	$1,32 \cdot 10^{-3}$	$1,62 \cdot 10^{-3}$	$1,53 \cdot 10^{-3}$
Cabeza, colas y vísceras (g)	601,69	484,37	484,37	676,41	639,46
Transformación					
Peso escurrido de bonito (g)	526,10	423,52	423,52	591,43	559,12
Aceite Girasol (g)	263,05	0	0	0	209,67
Aceite AOVE (g)	0	162,89	0	209,86	0
Agua (l)	4,33	3,97	3,97	4,85	4,59
Electricidad (kWh)	$8,63 \cdot 10^{-4}$	$7,94 \cdot 10^{-4}$	$7,94 \cdot 10^{-4}$	$9,7 \cdot 10^{-4}$	$9,18 \cdot 10^{-4}$
Salmuera (l)	0,39	0,36	0,52	0,44	0,42
Gasoil (l)	0,11	0,1	0,1	0,12	0,11
Envasado primario					
Aluminio (g)	0	30,79	30,79	75,55	109,03
Cristal (g)	0	358,36	358,36	0	0
Hojalata (g)	100,33	0	0	0	0
Folding (g)	54,86	0	0	68,3	55,21
Envasado secundario					
Cartón (g)	55,65	24,43	24,43	54,85	66,95

Para los envases secundarios el material que más se utiliza es el cartón, este envase contiene varias unidades del mismo producto y se utiliza en todos los formatos, además el cartón también se utiliza en el folding de los formatos Bol, Hansa y Dingley, lo que le hace el material de envasado más utilizado. En cantidades cercanas se encuentran el vidrio para los tarros y el aluminio tanto para tapas como para los formatos Hansa y Dingley y, por último, en menor cantidad la hojalata que solo se usa en el Bol.

2.3 EVALUACIÓN DE IMPACTO DEL CICLO DE VIDA

La evaluación de impacto de ciclo de vida dentro de un ACV tiene el objetivo de evaluar como de significativos son los impactos ambientales potenciales utilizando los datos del inventario anteriormente desarrollados. Estos datos se asocian con las categorías de impacto ambiental específicas y con los indicadores para entender los impactos (ISO, 2006).

En este trabajo se va a analizar únicamente la categoría de impacto de Potencial de Calentamiento Global (PCG), muy representativa del impacto del proceso que va a permitir diferenciar cuanto aporta cada una de las partes del proceso al conjunto global, con la finalidad de solucionar problemas y optimizar ambientalmente el procesado de bonito del norte. El PCG se ha seleccionado ya que, en estudios como en el de Laso et al. (2016b) que evaluaba la industria de la anchoa (*Engraulis encrasicolus*) se obtiene que, en cuanto a las cargas ambientales, las categorías con mayor impacto ambiental fueron PCG y HHE (efectos a la salud humana) debido a las emisiones de gases de efecto invernadero, como CO₂, NO_x y CH₄ y metales pesados en la producción de latas de aluminio. Además, este indicador resultó significativo en otros estudios de procesado de pescado como el realizado por Hospido et al. (2006) del bonito (*Thunnus albacares*); Parker et al. (2012) del kril antártico (*Euphausia superba*) y Vázquez-Rowe et al. (2014) de la sardina europea (*Sardina pilchardus*). Este indicador entra dentro de la llamada “categoría de impacto de línea base” elaborada por Guinée et al. (2001).

Según el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), el Potencial de Calentamiento Global es la medida en la que un gas de efecto invernadero contribuye al calentamiento global. Para hacer comparables los efectos de los diferentes gases, el PCG expresa el potencial de calentamiento de un gas en comparación con el que posee el mismo volumen de CO₂ durante el mismo periodo de tiempo. Las emisiones agregadas de gases de efecto invernadero se convierten a la unidad de CO₂ equivalente basándose en el potencial de calentamiento global con un horizonte temporal de 100 años (Ecuación 1).

$$PCG = \text{Dato Actividad} * \text{Factor Emisión} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Para realizar esta evaluación se ha utilizado la base de datos de Ecoinvent de la cual se han obtenido los factores de emisión, que se muestran las tablas A6 y A7 del Anexo III, esta es una base de datos profesional para realizar estudios del ACV y evaluar los impactos ambientales de productos, procesos y actividades.

3. RESULTADOS

3.1. RESULTADOS DEL FORMATO DINGLEY

Una vez se han extraído los resultados se procede a realizar una interpretación para poder sacar unas conclusiones. Estos resultados del estudio del Potencial de Calentamiento Global se presentan en este apartado.

En primer lugar, se ha analizado el formato Dingley. La Tabla 7 muestra los resultados obtenidos en términos del PCG para cada uno de los diferentes procesos involucrados en el sistema. Una sola lata de bonito en conserva con el formato Dingley emite 0,222 kg CO₂ equivalente, lo que a lo largo del año 2019 supuso una emisión de unos 3.350 kg de CO₂.

Tabla 7. PCG del formato Dingley.

FORMATO	PCG (Valores expresados en kg CO ₂ eq)							
	Girasol	Gasoil	Electricidad	Folding	Aluminio	Cartón	TOTAL	
Dingley (por envase)	0,021	0,047	$1,07 \cdot 10^{-4}$	$7,02 \cdot 10^{-3}$	0,14	$8,51 \cdot 10^{-3}$	0,222	kg CO ₂ eq/lata
Dingley (total anual)	312,4	710	1,62	105,86	2.095,1	128,4	3.353,39	kg CO ₂ eq/año

La Figura 11 muestra la contribución de cada elemento al impacto total. Como puede observarse, la etapa del envasado (suma de folding, aluminio y cartón) presenta la mayor contribución, con un 69,5%, esto es debido a la producción del envase de aluminio que supone un 62,48% del total de las emisiones generadas. En segundo lugar, se encuentra la fase de procesado de bonito en sí que le corresponde un 21,22 %, agrupando emisiones de gasoil para la cocción y la electricidad que conlleva el proceso, del cual la mayor parte corresponde a las emisiones que genera la cocción por el uso del

gasoil (21,17% del total). Por último, se encuentra el aceite de girasol utilizado con un 9,31% del CO₂ eq.

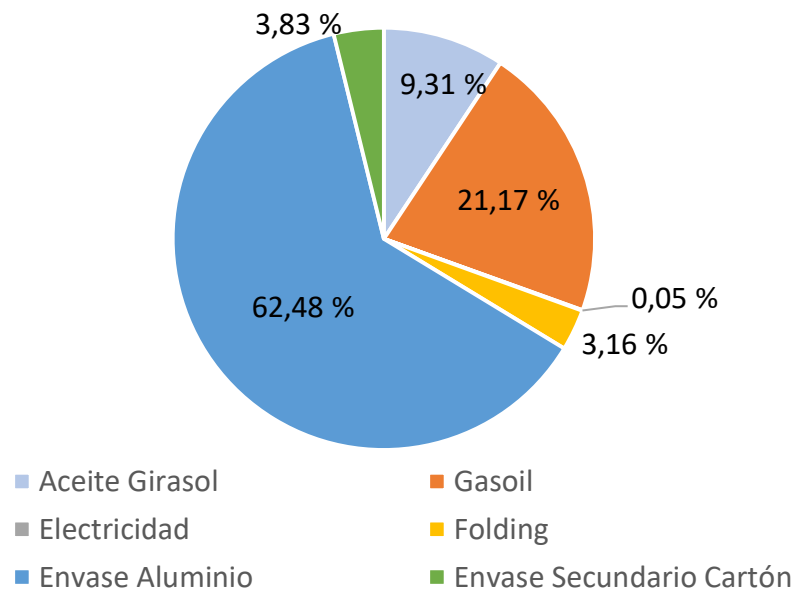


Figura 11. Distribución de impactos Dingley.

Estos resultados son acordes a los estudios encontrados en la bibliografía, como el de Laso et al. (2016b) sobre la industria de la anchoa (*Engraulis encrasicolus*) el cual obtuvieron que en el indicador PCG el mayor impacto con aproximadamente un 80% del total es generado por las latas de aluminio, por lo que se tiene que el principal problema es el mismo que el del formato Dingley. También llegaron a esta conclusión Almeida et al. (2015) con el caso de la sardina de Portugal (*Sardina pilchardus*) y las latas de aluminio.

Con el fin de mejorar el perfil ambiental del producto, se han intentado buscar soluciones enfocadas en el uso de otros materiales para el envase como, por ejemplo, hojalata o plástico (polipropileno). Este último ha sido presentado por la empresa Kortec durante el MeetingPack en 2015, que está destinado a envasar alimentos con una lata de plástico transparente manteniendo la vida útil hasta 5 años (Milacron, 2015). El uso del cristal se ha descartado, ya que se necesitaría introducir aluminio para la tapa igualmente, para que se produzca un cierre hermético. En el caso del uso de la hojalata y el plástico no tiene tapa, ya que se presenta con la típica forma de octavillo.

En el estudio se ha utilizado el mismo peso de material de envase para las modificaciones propuestas que en el caso original. La Figura 12 muestra los resultados obtenidos al sustituir el aluminio del envase por hojalata y plástico PP. Se obtiene una disminución de emisiones de CO₂ eq. del 50% aproximadamente en ambos casos, esto se debe a la gran diferencia del factor de emisión del aluminio en comparación con el del PP y la hojalata. Entre las dos alternativas propuestas el impacto generado por lata es prácticamente el mismo siendo menor el caso del plástico PP, el cual tiene como desventaja que aún no se ha introducido en la fábrica, mientras que la hojalata sí que se utiliza, por lo que puede ser la mejor opción para fabricar el formato Dingley porque se conocen los mecanismos de fabricación del envase que ya se utilizan para el formato Bol. Los resultados del estudio se encuentran en las Tablas A2 y A3 del Anexo II.

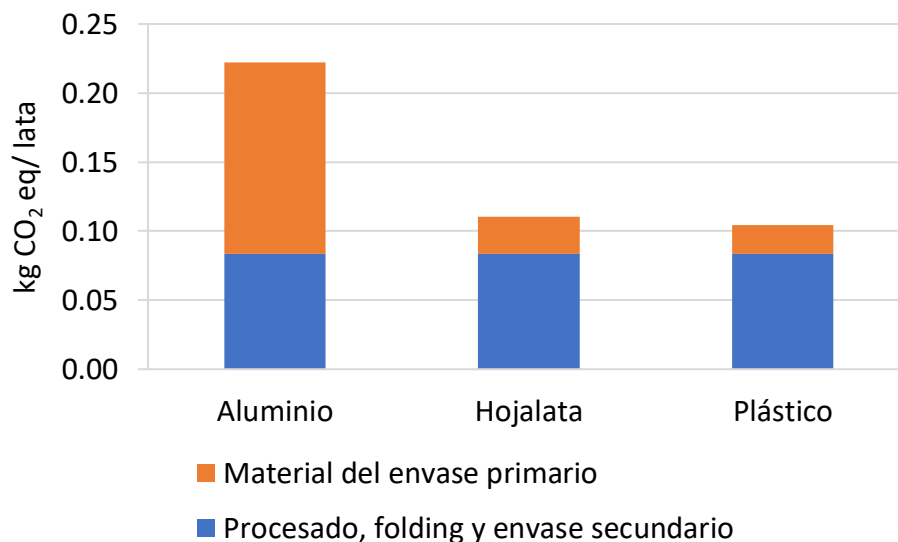


Figura 12. Cambio de material del envase del formato Dingley.

También se puede considerar utilizar una mayor cantidad de aluminio reciclado o de hojalata reciclada o como ya se está utilizando en algunos países de América del Sur, bolsas de plástico, aunque habría que invertir en publicidad para convencer al consumidor de este método que no está tan normalizado en Europa (Hospido et.al, 2006).

Se puede observar que esta modificación produce que el principal foco de emisiones sea el gasoil de la cocción, del cual, se podría hacer otro estudio para buscar distintas formas de cocinar el bonito del norte que produzcan menos emisiones de CO₂ eq.

3.2. COMPARATIVA DE LOS DIFERENTES PRODUCTOS

La Figura 13 muestra el impacto ambiental de los diferentes formatos en los que se distribuye el bonito en conserva según el indicador de PCG. El impacto de los distintos formatos se encuentra en un rango entre 0,75-1,6 kg CO₂ eq. por kg producto final, siendo el que tiene un mayor impacto el Dingley estudiado anteriormente del cual se ha destacado el problema del aluminio y concuerda que se encuentre en primera posición por la mayor cantidad de este material. Separando los impactos en etapas, el procesado genera un 30,54% de las emisiones de este formato, donde el consumo de gasoil de la cocción representa el 21% del total, el restante 69,46% corresponde al envasado. Pasando al tarro de vidrio con bonito al natural, la etapa de procesado representa un 25,26% y el envasado un 74,74%, dando evidencia de la importancia de esta última etapa. En el caso del tarro de vidrio con bonito en AOVE el procesado aumenta ligeramente por el impacto del aceite de oliva virgen extra con un 28,95%, generando el envasado igual impacto que al natural pero que representa un 71,05%. El formato Hansa tiene el segundo mayor porcentaje de impacto de procesado, un 34,89%, esto se debe a la gran cantidad de bonito que hay respecto al peso del envase, mientras que el envasado representa un 65,11%. Por último, el formato bol es el que mayor impacto de procesado tiene con un 64,32%, debido la cantidad de bonito y de aceite de girasol y donde el envasado responde al 35,68% por el uso de hojalata y su menor factor de emisión, esto es lo que se quiere conseguir en los distintos formatos ya que como se puede observar el formato bol es el que menor impacto genera con diferencia, aquí el principal impacto lo genera el gasoil de la cocción.

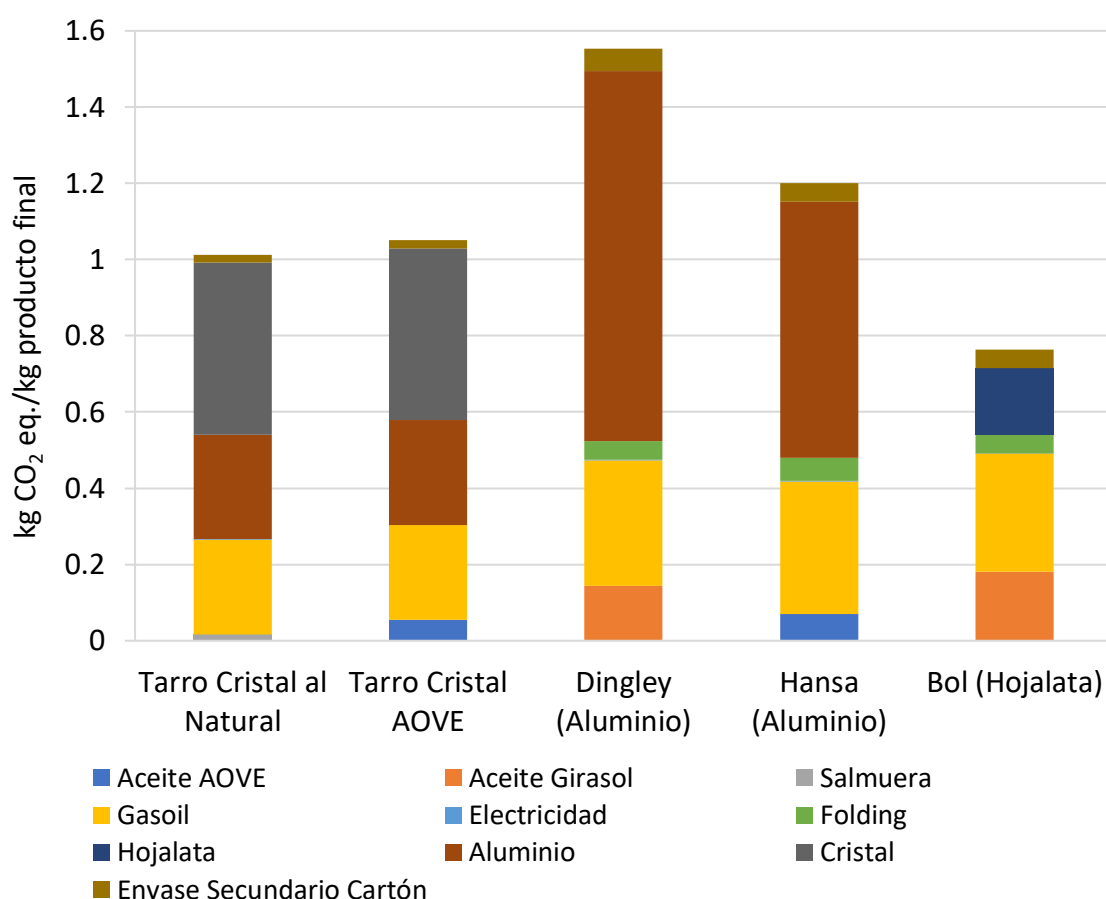


Figura 13. PCG de los distintos formatos de envase por kg de producto final.

Que la mayor parte del impacto provenga del material del envasado es un problema común en todos los formatos menos en el bol cuyo envasado es de hojalata, esto hace que los impactos de la cocción por el gasoil queden en un segundo plano. Estos resultados coinciden con otros estudios, como el realizado por Avadí et al. (2015) que concluyeron que los impactos ambientales del procesado del bonito ecuatoriano (*Thunnus albacares*) se debían principalmente por el consumo de materiales de envasado y había que centrar la mejora en los materiales que se usan. También, Hospido et al. (2006) señalaron que el principal problema en el procesado de bonito (*Thunnus albacares*) era el material de embalaje, en ese caso la hojalata, para lo cual propusieron como mejoras sustituir el material por bolsas de plástico.

Para reducir las emisiones en este estudio, habría que actuar sobre la etapa de envasado. Es por esto, por lo que se busca emplear envases con materiales reciclados, sustituir los envases por otros con menor impacto y la búsqueda de nuevos materiales más sostenibles.

Hay que destacar que la tapa de aluminio que contiene el formato tarro de cristal, tiene un gran impacto para su peso en comparación con el peso del formato en total. Se puede comprobar en la Figura 14 que muestra el reparto de impactos según el indicador PCG, donde el principal causante de las emisiones es el cristal del tarro por su peso y el aluminio de la tapa es el segundo, incluso siendo mayor que el gasoil del cocinado. En el tarro de cristal con bonito al natural, tan solo la tapa representa el 27,05% de los impactos y en el tarro de cristal con AOVE un 26,07%, lo que para una tapa de unos 20 gramos es mucho impacto.

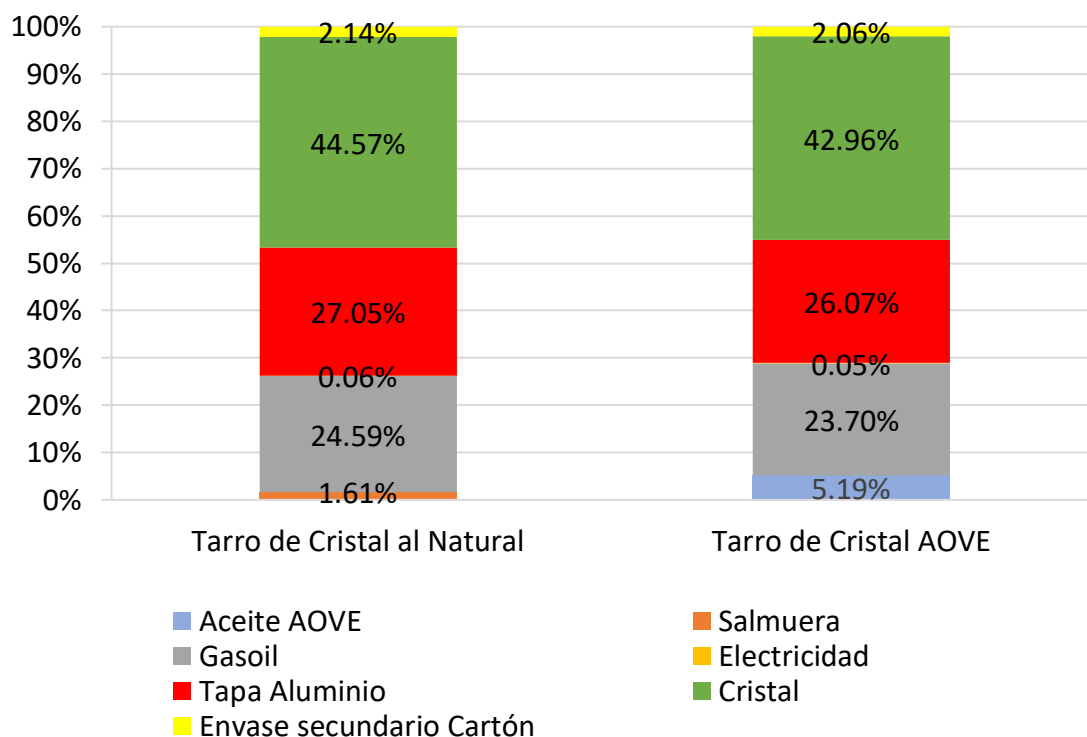


Figura 14. Impactos en el formato tarro en sus dos versiones.

Una solución es cambiar el material de las tapas, que son tipo twist off, que producen un cierre al vacío del tarro de cristal para poder conservar en las mejores condiciones el producto. Estas tapas pueden ser metálicas que son las más fuertes o plásticas, estas últimas se han descartado para el tarro de cristal por su mayor fragilidad que puede afectar al cierre hermético. Dentro de las metálicas se ha encontrado que los principales materiales utilizados son aluminio (usado por la fábrica), hojalata y plomo-estaño y están hechas para tarros de cristal lo que permitiría el cierre hermético, esencial para poder conservar en el mejor estado posible el bonito y todo el producto (Peña, 2017;

Lozano, 2014). En el caso de la tapa de aleación plomo-estaño se ha estudiado, pero no se ha propuesto como alternativa por si la parte de plomo de la tapa podría generar algún problema en el consumo del bonito.

En la Figura 15 se muestran los resultados obtenidos de sustituir la tapa de aluminio por la hojalata, que presenta una disminución de 0,2 kg CO₂ eq. por kg de producto final. Los principales impactos serían el cristal, porque representa mucho peso del total, se usan 220 gramos de cristal por unidad, y el gasoil. Los impactos generados por la hojalata son muy pequeños en comparación con los del aluminio, por lo que es un cambio positivo en el impacto ambiental que llevaría a reducir la emisión de este formato de los 1.650 kg CO₂ eq. al año actualmente a los 1.300 kg CO₂ eq., una reducción de emisiones del 21,3%. Los resultados del estudio se encuentran en la Tabla A5 del Anexo II.

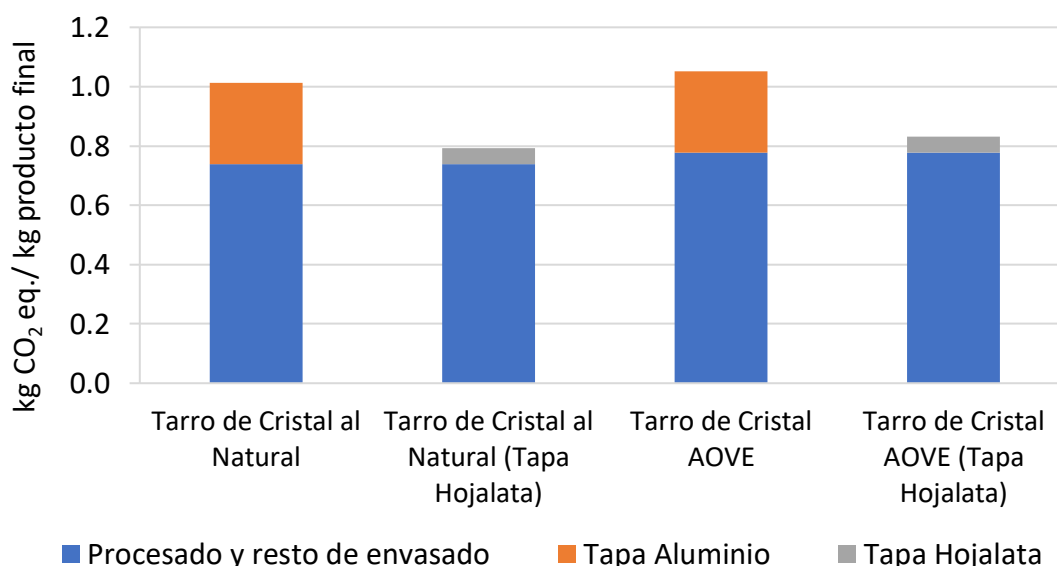


Figura 15. Comparativa del cambio del material de la tapa para el formato tarro de cristal.

Como punto final a este estudio, se han comparado las emisiones anuales de la empresa en el año 2019 y como habrían sido aplicando las modificaciones propuestas según el indicador PCG. Hay que recordar que estas modificaciones afectan al formato Dingley y a los tarros de cristal con bonito al natural y en AOVE. Según la Figura 16, en el caso actual la empresa emite 8.300 kg CO₂ eq. al año. En el caso de sustituir el aluminio tanto de las tapas como del formato Dingley y en su lugar se utilizaría la estrategia más conservadora, la hojalata, ya que este material ya está introducido en la fábrica y se

conoce a la perfección para transformarlo en envases, se produciría una reducción anual de unos 2.000 kg de CO₂ anuales aproximadamente, que representa una disminución del 24,56 % de las emisiones anuales.

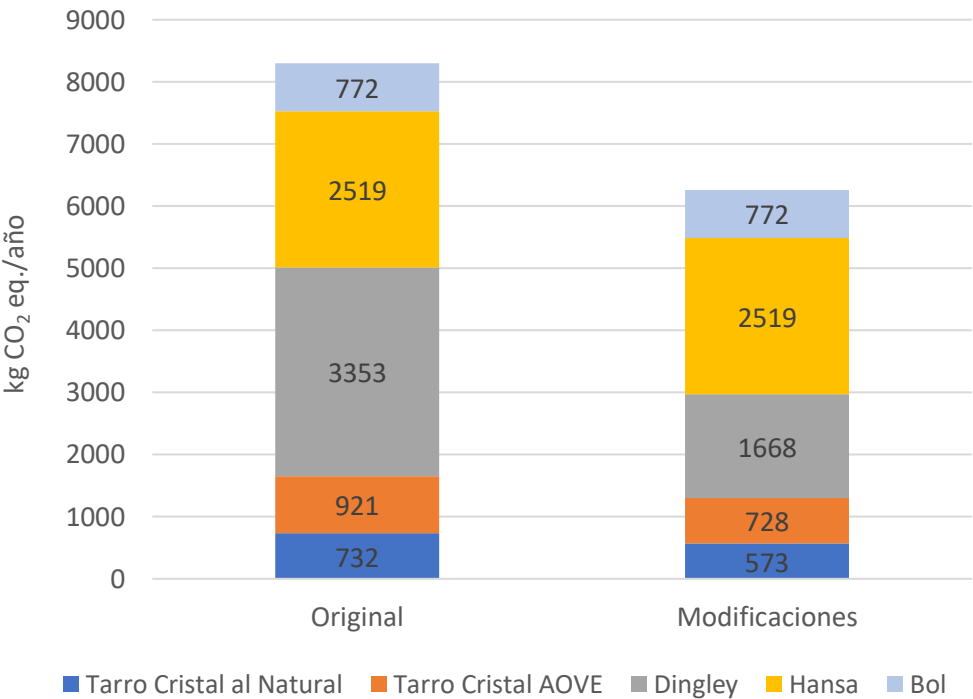


Figura 16. Comparativa de los valores de PCG anuales actuales con las modificaciones propuestas en los envases.

4. CONCLUSIONES

En este TFG se ha realizado un estudio del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) que ha permitido realizar una comparativa de los distintos formatos de envases de bonito del norte de una empresa conservera de Cantabria. Estos formatos incluyen diferentes tipos de materiales, tipos de aceite (AOVE, girasol, al natural) y cantidades de producto con el fin de aportar modificaciones para mejorar el impacto medioambiental de los productos.

Después de realizar el análisis del indicador de Potencial de Calentamiento Global se ha observado que la principal fuente contaminante es el envasado, aunque la cocción por el uso de gasoil también tiene un importante impacto. El formato más positivo medioambientalmente es el formato bol, esto se debe a que está compuesto por hojalata que no tiene un factor de emisión elevado como puede ser el del aluminio que se encuentra en los otros formatos y que no utiliza un peso elevado de material. Por otro lado, el envase más problemático es el Dingley, que se ha estudiado aparte ya que es el que más se vende al año, el principal impacto lo genera el aluminio representando un 63% aproximadamente del CO₂ eq. generado.

Las soluciones aportadas para optimizar la problemática ambiental de la empresa han sido en el caso del Dingley sustituir el aluminio en los envases por la hojalata clásica o por un plástico transparente de polipropileno como nuevo material que se ha presentado en 2015 en el MeetingPack por la empresa Kortec, produciendo una reducción de un 50% y un 53,1% respectivamente de las emisiones de CO₂ eq.

Durante el estudio se ha descubierto la importancia en el impacto de las tapas de aluminio que llevan los tarros de cristal, que tienen prácticamente el mismo impacto que la cocción. Se han estudiado distintas formas de reducir estos problemas que genera la tapa manteniendo el hermetismo del recipiente, llegando a las opciones dentro de las latas metálicas por su resistencia, de cambiar el material por hojalata con la que se reduciría la cantidad de CO₂ eq. en un 21,3%, con el objetivo de evitar el uso de aluminio.

5. REFERENCIAS

- AENOR. 2006. UNE-EN ISO 14040:2006: Gestión ambiental: Análisis de ciclo de vida, Principios y Marco de Referencia. Madrid: AENOR.
- AENOR. 2006. UNE-EN ISO 14044:2006: Gestión ambiental: Análisis de ciclo de vida, Requisitos y directrices. Madrid: AENOR.
- Arroyabe. 2017. ¿Cómo se elabora una lata de bonito o atún? [Consulta:07-05-2021]. Disponible en: <https://www.arroyabe.es/blog/como-se-elabora-una-lata-de-bonito-o-atun/>
- Avadí, A; Freón, P; Quispe, I. 2014. Environmental assessment of Peruvian anchoveta food products: is less refined better? International Journal of Life Cycle Assessment, 19 (6), pp. 1276-1293. ISSN 0948-3349 <http://doi.org/10.1007/s11367-014-0737-y/>.
- Avadí, A; Bolaños, C; Sandoval, I; Ycaza, C. 2015. Life cycle assessment of Ecuadorian processed tuna. Journal of Life Cycle Assessment, 20 (10), pp.1415-1428. ISSN 0948-3349. <http://doi.org/10.1007/s11367-015-0943-2/>.
- Avadí, A., Vázquez-Rowe, I., Symeonidis, A. et al. First series of seafood datasets inecoinvent: setting the pace for future development. Int J Life Cycle Assess 25, 1333–1342 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11367-019-01659-x>
- BOE. 1997. Real Decreto 1683/1997. [Consulta:26-06-2021]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1997-25020>
- Cobo, A.; Torre R. 2020 La campaña del bocarte comienza hoy “con la única esperanza de cubrir gastos”. El diario Montañés. [Consulta:03-05-2021]. Disponible en: <https://www.eldiariomontanes.es/cantabria/campana-bocarte-comienza-20200420213134-ntvo.html>
- Comisión Europea. 2019. Pacto Verde Europeo. [Consulta:15-02-2021]. Disponible en: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es#mbitos-de-actuacin
- Contreras, S. 2011. La contaminación heredada: diferentes realidades, distintas soluciones. [Consulta: 28-04-2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21503/lex.v9i8.411>

- Espesca. 2021 ¿Cómo elegir el mejor barco de pesca? Tipos de embarcaciones pesqueras. [Consulta:05-05-2021]. Disponible en: <https://espesca.com/barcos-de-pesca/>
- Europa Azul. 2018. Cantabria muestra la importancia que tiene la pesca en sus municipios. [Consulta: 28-04-2021]. Disponible en: <https://europa-azul.es/cantabria-pesca-municipios/>
- Fernández Polanco, J.; Llorente, I.; Luna, L.; Fernández, J. 2012. El mercado de productos pesqueros en España: Efectos de la crisis en la producción y el consumo. Universidad de Cantabria. [Consulta: 28-04-2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/239938154_El_mercado_de_productos_pesqueros_en_Espana
- Fréon, P., Avadí, A., Vinatea Chavez, R.A. et al. Life cycle assessment of the Peruvian industrial anchoveta fleet: boundary setting in life cycle inventory analyses of complex and plural means of production. *Int J Life Cycle Assess* 19, 1068–1086 (2014). <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0716-3>
- Fullana, P.; Puig, R.; (1997). *Análisis del ciclo de vida*. Barcelona, España. Rubes
- Fundación Aquae. 2021. Pesca Fantasma. [Consulta: 19-06-2021]. Disponible en: <https://www.fundacionaquae.org/>
- Gancedo, J. 1998. El sector pesquero en Cantabria. *Distribución y Consumo*. [Consulta: 24-04-2021]. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_DYC/DYC_1_998_43_115_117.pdf
- García, P. 1998. Importancia del sector conservero en la economía de Santoña y Cantabria. *Monte Buciero*, ISSN 1138-9680, Nº. 2, págs. 95-100 [Consulta:05-05-2021]. Disponible en:<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=206290>
- Hospido, A.; Tyedmers, P. 2005. Life cycle environmental impacts of Spanish tuna fisheries. *Fisheries research*. [en línea], 76(2), pp. 174-186. ISSN 0165-7836. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2005.05.016/>.
- Hospido, A.; Vazquez, M.; Cuevas, A.; Feijoo, G.; Moreira, M. 2006 Environmental assessment of canned tuna manufacture with a life-cycle perspective. *Resources*,

Conservation and Recycling. Volume 47, Issue 1, Pages 56-72.

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2005.10.003>

- Ifomo. 2021. La pesca y su industria manufacturera suponen el 27% de la facturación de la economía azul cántabra. [Consulta: 03-05-2021]. Disponible en: <https://www.ifomo.es/articulo/cantabria/cantabria-pesca-industria-manufacturera-suponen-27-facturacion-economia-azul-cantabria/20210323164931181149.html>
- Indemares. 2011. Estudios sobre el sector pesquero. Recogida de información orientadora. [Consulta: 22-04-2021] Disponible en: https://www.indemares.es/sites/default/files/anexo_vi-_estudios_sector_pesquero.pdf
- Iribarren, D.; Vazquez-Rowe, I.; Hospido, A.; Moreira, R.; Feijoo, G. 2010 Estimation of the carbon footprint of the Galician fishing activity (NW Spain). Science of The Total Environment. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.07.082>
- Laso, J.; Margallo, M; Celaya, J; Fullana, P. 2016a. Waste management under a life cycle approach as a tool for a circular economy in the canned anchovy industry. Waste Management and Research, 34 (8), pp. 724-733. ISSN 0734-242X. <http://doi.org/10.1177/0734242X16652957>.
- Laso, J.; Margallo, M.; Fullana, P.; Bala, A.; Gazulla, C.; Irabien, A.; Aldaco, R. 2016b. Introducing life cycle thinking to define best available techniques for products: application to the anchovy canning industry. JClean Prod <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.040>
- Laso, J; Margallo, M; Fullana, P; Bala, A. 2017. Introducing life cycle thinking to define best available technique for products: Application to the anchovy canning industry. Journal of Cleaner Production, 155, pp. 139-150. ISSN 0959-6526. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.040/>.
- MAPA. 2020. Estadísticas pesqueras: Estadísticas de Capturas y Desembarcos de Pesca Marítima. [Consulta: 10-05-2021]. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-pesqueras/pesca-maritima/estadistica-capturas-desembarcos/default.aspx>

- Milacron. 2015. Klear Can: La Klara elección. [Consulta: 03-06-2021].
Disponible en: <https://www.milacron.com/es/productos-2/klear-can/>
- MITECO. 2015. Cambio Climático: Mitigación. [Consulta: 18-06-2021].
Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/mini-portales-tematicos/guia_resumida_gt3-mitigacion_tcm30-70706.pdf
- MITECO. 2018. Estrategia Española de Economía Circular [Consulta: 15-04-2021].
Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/estrategia/>
- MITECO. 2019. Producción de plomo (Emisiones de proceso) [Consulta: 18-06-2021]. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/040309-produccion-plomo_tcm30-502320.pdf
- Parker, R.; Vázquez-Rowe, I.; Tyedmers, P.; 2015 Fuel performance and carbon footprint of the global purse seine tuna fleet. Journal of Cleaner Production Volume 103. Pages 517-524. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.017>
- Peña, A. 2017. Tipos de cierre para el envase. Universidad autónoma del Estado de México [Consulta: 21-06-2021]. Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/154797870>
- Pérez, J. 2019. Bonito del norte, de vuelta cada verano. El diario Montañés. [Consulta: 21-04-2021]. Disponible en: <https://www.eldiariomontanes.es/cantabria-mesa/bonito-norte-vuelta-20190703190510-nt.html>
- Punzón, A.; Gancedo, R.; 2000. Descripción de las pesquerías artesanales de Cantabria y Asturias (norte de España). Instituto español de oceanografía. Informes técnicos. [Consulta: 20-04-2021]. Disponible en: <https://docplayer.es/65236549-Descripcion-de-las-pesquerias-artesanales-de-cantabria-y-asturias-norte-de-espana.html>
- Reguera, T. 2020. Un buen año para el bonito del norte. Diario Alerta. [Consulta: 28-04-2021]. Disponible en: <https://www.eldiarioalerta.com/articulo/economia/buen-ano-bonito-norte/20200820062610084365.html>

- United Nations. The 17 goals. Department of Economic and Social Affairs Sustainable Development. [Consulta: 15-02-2021]. Disponible en: <https://sdgs.un.org/es/goals/goal9>
- Urlanga, J. 2017. Análisis de la Industria Conservera en Santoña. Cueto, G.(dir.). Trabajo de Fin de Grado, Universidad de Cantabria. [Consulta: 03-05-2021]. Disponible en: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/12237/UrlangaCamaraJesus.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

6. ANEXOS

6.1 ANEXO I: ENTRADAS AL PROCESO

Tabla A1. Entradas al proceso

Tipo	Consumo	Unidades
Electricidad	16	kW
Gasol	750	l/año
Cartón	653	kg/año
Aluminio	441,4	kg/año
Vidrio	572	kg/año
Hojalata	98,8	kg/año
Agua	30	m ³ /año
Aceite AOVE	2132	l/año
Aceite de girasol	2677	l/año
Salmuera	2721	l/año

6.2 ANEXO II: IMPACTOS Y MODIFICACIONES DE FORMATOS

Tabla A2. Modificación hojalata formato Dingley

FORMATO	Emisiones por unidad (Celdas expresadas en kg CO ₂ eq)							
	Girasol	Gasol	Electricidad	Folding	Hojalata	Cartón	TOTAL	
Dingley (unitario)	0,021	0,047	1,07·10 ⁻⁴	7,02·10 ⁻³	0,027	8,51·10 ⁻³	0,111	kg CO ₂ eq/lata
Dingley (total)	312,4	710	1,62	105,86	409,6	128,4	1.667,89	kg CO ₂ eq/año
%	18,73	42,57	0,1	6,35	24,56	7,7	100	%

Tabla A3. Modificación plástico PP formato Dingley

FORMATO	Emisiones por unidad (Celdas expresadas en kg CO ₂ eq)							
	Girasol	Gasol	Electricidad	Folding	Plástico PP	Cartón	TOTAL	
Dingley (unitario)	0,021	0,047	1,07·10 ⁻⁴	7,02·10 ⁻³	0,021	8,51·10 ⁻³	0,104	kg CO ₂ eq/lata
Dingley (total)	312,4	710	1,62	105,86	316,15	128,4	1.574,44	kg CO ₂ eq/año
%	19,84	45,1	0,1	6,72	20,08	8,16	100	%

Tabla A4. Impacto de los distintos formatos por kg de producto y anual

Emisiones por unidad (Celdas expresadas en kg CO2 eq.)													TOTAL	UNIDADES
FORMATO	PROCESADO	AOVE	Girasol	Salmuera	Gasoil	Electricidad	ENVASADO	Folding	Hojalata	Aluminio	Cristal	Cartón		
Tarro (Unitario) Natural		-	-	0,016	0,25	5,7·10 ⁻⁴		-	-	0,27	0,45	0,022	1,01	kg CO2 eq/kg producto final
Tarro(Total) Natural		-	-	11,77	179,99	0,41		-	-	197,98	326,26	15,68	732,10	kg CO2 eq/año
Tarro (Unitario) AOVE		0,055	-	-	0,25	5,7·10 ⁻⁴		-	-	0,27	0,45	0,022	1,05	kg CO2 eq/kg producto final
Tarro(Total) AOVE		47,80	-	-	218,22	0,50		-	-	240,04	395,56	19,01	921,13	kg CO2 eq/año
Dingley (Unitario)		-	0,14	-	0,33	7,5·10 ⁻⁴		0,049	-	0,97	-	0,059	1,55	kg CO2 eq/kg producto final
Dingley (Total)		-	312,36	-	710,03	1,62		105,86	-	2095,10	-	128,42	3353,39	kg CO2 eq/año
Hansa (Unitario)		0,07	-	-	0,35	7,9·10 ⁻⁴		0,061	-	0,67	-	0,049	1,20	kg CO2 eq/kg producto final
Hansa (Total)		147,47	-	-	729,69	1,66		127,23	-	1410,46	-	102,17	2518,69	kg CO2 eq/año
Bol (Unitario)		-	0,18	-	0,31	7,1·10 ⁻⁴		0,049	0,17	-	-	0,049	0,76	kg CO2 eq/kg producto final
Bol (Total)		-	183,64	-	313,07	0,71		48,36	176,63	-	-	50,01	772,42	kg CO2 eq/año

Tabla A5. Impactos formato tarro con modificaciones

	Emisiones por UF (Celdas expresadas en kg CO ₂ eq)					
	Tarro Natural	Tarro Natural (hojalata)	Tarro Natural (plomo)	Tarro AOVE	Tarro AOVE (hojalata)	Tarro AOVE (plomo)
AOVE	0	0	0	0,055	0,055	0,055
Agua salada	0,016	0,016	0,016	0	0	0
Gasoil	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Electricidad	$5,7 \cdot 10^{-4}$	$5,7 \cdot 10^{-4}$	$5,7 \cdot 10^{-4}$	$5,7 \cdot 10^{-4}$	$5,7 \cdot 10^{-4}$	$5,7 \cdot 10^{-4}$
Aluminio	0,27	0	0	0,27	0	0
Hojalata	0	0,054	0	0	0,054	0
Plomo	0	0	0,018	0	0	0,018
Cristal	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Cartón	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
Total	1,013	0,79	0,76	1,05	0,83	0,79

6.3 ANEXO III: FACTORES DE EMISIÓN

Tabla A6. Factores de emisión Ecoinvent

Elemento	Factor de Emisión (kg CO ₂ eq.)	Unidades
Electricidad	0,0852	1 kWh
Diesel	0,533	1 kg
Cartón	0,888	1 kg
Aluminio	8,9	1 kg
Vidrio	1,26	1 kg
Hojalata	1,74	1 kg
Agua	$2,67 \cdot 10^{-4}$	1 kg
Aceite AOVE	0,335	1 kg
Aceite girasol	0,69	1 kg
Salmuera	0,1	1 kg

Tabla A7. Otros factores de emisión

Elemento	Factor de Emisión (kg CO ₂ eq.)	Unidades
Plástico PP	1,343	1 kg
Plomo	0,59	1 kg